

TOMO XII - NÚMERO 88-89

CHEMIA

REVISTA DEL CENTRO ESTUDIANTES
DEL DOCTORADO EN QUÍMICA



BUENOS AIRES - DICIEMBRE 1942



UNA ORGANIZACIÓN TÉCNICA
AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA NACIONAL

Dr. Reinaldo Vanossi
— Dirección —

INDUSTRIAS QUÍMICAS ARGENTINAS "DUPERIAL"

Paseo Colón 285

BUENOS AIRES

C H E M I A

Revista del Centro Estudiantes del Doctorado en Química

Director: R. FERNÁNDEZ MENENDEZ Administrador: JUAN F. SPANGENBERG

Secretarios de Redacción: A. Mc. MILLAN · R. HUSTE · H. DAMIANOVICH (h)

En este número :

V. DEULOFEU: *La enseñanza de las ciencias en los EE. UU.*

T. ISNARDI: *Teoría y ensayo de la balanza.*

Artificios útiles para el laboratorio.

Centro Estudiantes del Doctorado en Química

COMISION DIRECTIVA

PERIODO 1942-1943

<i>Presidente</i>	JORGE I. FURTADO
<i>Vicepresidente</i>	FERNANDO A. ORTEGA
<i>Secretario</i>	CARLOS ALBERTO BADO
<i>Prosecretario</i>	EDUARDO ARABEHETY
<i>Tesorero</i>	ALBERTO LEIGUARDA
<i>Protesorero</i>	IRIS FAVA

DELEGADOS

Por 5º año	JUAN A. MC. MILLAN
» 4º »	OSCAR BOUSO
» 3er. »	ILDEFONSO ALVAREZ
» 2º »	LUCIANO PÉREZ
» 1er. »	MASUB ESPER

SUB-COMISIONES

<i>Biblioteca</i>	OSCAR RICHAUD
<i>Cultura</i>	MARIO V. TUBERT
<i>Apuntes</i>	MARIO CRIVELLI
<i>Fiestas</i>	ANTONIO MOSCOSO
<i>Rev. de canje</i>	OSCAR BOUSO
<i>Propaganda</i>	JORGE A. CAGNONI
<i>Delegado estudiantil</i>	ALBERTO CALDERWOOD
» a la F.U.B.A.	MANUEL FERNÁNDEZ LÓPEZ
<i>Director de « Química »...</i>	R. FERNÁNDEZ MENÉNDEZ
» » « Boletín »...	ILDEFONSO ALVAREZ

Tesorería, Secretaría, Venta de Publicaciones, Biblioteca y demás actividades administrativas:

Todos los días de 9 a 12 y de 16 a 20 hs.

Venancio Deulofeu

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN ESTADOS UNIDOS PARTICULARMENTE DE LA QUIMICA

Informe elevado al Señor Decano de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,
Ing. Luis M. Igartúa.

En los Estados Unidos existen, como es habitual en la mayor parte de los países, tres etapas de la enseñanza, la primaria que denominan « grammar school », la secundaria llamada « high school », y la superior o universitaria.

El alumno que ingresa a la Universidad lo hace al llamado « College » o escuela de estudiantes no graduados.

Para el ingreso al College es necesario que el estudiante cumpla con ciertas condiciones fijadas por la Universidad. La gran cantidad de Universidades que existen en Estados Unidos hace difícil presentar un resumen de estas condiciones que comprenda a todas, pero, en líneas generales, para las Universidades privadas, consiste en poseer diploma de una « high school » reconocida por la Universidad como de nivel adecuado, aportar un detalle de las clasificaciones obtenidas, las opiniones de sus profesores y del rector del establecimiento. Como los estudios de las « high school » son variables, debe haber seguido los cursos necesarios para poder comenzar sin dificultad los estudios universitarios.

El diploma de una escuela secundaria no es indispensable en todas las Universidades. Puede solicitarse ingreso a ellas acreditando una preparación adecuada para los estudios que

se desea seguir, pero en estos casos suele requerirse un examen de ingreso. Por otra parte, a pesar del diploma de una « high school », y aportar todos los demás certificados, muchas Universidades exigen un examen de ingreso y, si sospechan deficiencias en quien solicita ingreso a las mismas, todas lo aplican. Algunas han introducido el examen psicotécnico.

La aprobación de todas estas condiciones no asegura la entrada a una Universidad privada, pues éstas sólo admiten un número limitado de estudiantes, condicionado a su capacidad de enseñar. Este número es pequeño si lo comparamos con el alumnado de nuestras Universidades. Por ejemplo el Instituto de Tecnología de Massachusetts en Cambridge, cerca de Boston, sólo acepta un total de 600 alumnos en el primer año, incluyendo todas las carreras, que son numerosas; la Universidad de Princeton sólo aquéllos que tienen lugar en sus dormitorios; Yale sólo acepta 120 alumnos en el primer año de Medicina, etc.

En las Universidades sostenidas por los Estados, las condiciones de ingreso son semejantes, pero si éstas se cumplen el alumno es casi siempre admitido, por lo menos para aquellos que residen en el Estado que mantiene la Universidad, por considerar que siendo instituciones públicas deben aceptar a quienes cumplan las condiciones de ingreso requeridas.

Pero aún en estos casos el número de quienes ingresan no es muy grande por ser las exigencias de nivel elevado y por existir un comité de ingreso con poderes para rechazar un estudiante si sus antecedentes no se consideran satisfactorios.

El « College » es un conjunto de cátedras, habitualmente agrupadas en departamentos de acuerdo a especialidades.

Los principales estudios que pueden seguir en el « College » son muy diversos y pueden clasificarse en la forma siguiente:

a) Estudios necesarios para el ingreso a determinadas Facultades profesionales (Medicina, Odontología, etc.).

b) Estudios de cultura general con especialización en humanidades.

c) Estudios de cultural general con especialización en ciencias.

d) Estudios en ciencias que conducen a un título profesional.

e) Estudios en ciencias ó artes aplicados que conducen a un título profesional.

a) Estudios para el ingreso a Facultades Profesionales

Algunas Facultades profesionales, especialmente las de Medicina y Odontología exigen a quienes desean ingresar a ellas, aparte de una serie de requisitos de diverso orden, el haber aprobado determinados cursos en el College. Con pequeñas diferencias según la Universidad, deben haberse aprobado para el ingreso a Medicina, aparte de algunos cursos de humanidades e idiomas: Química inorgánica y análisis cualitativo (un año); Química orgánica (un año); Física (un año); Biología (un año); Matemáticas (un año). Casi todas las Facultades recomiendan la aprobación suplementaria de Química analítica cuantitativa y de Físico-química.

Como los ingresos a las Escuelas de Medicina están estrictamente limitados a la capacidad de enseñanza, la selección es rigurosa y los estudios pre-médicos del candidato son de gran importancia en esa selección. De aquí que muchos alumnos cursen un número de cursos mayor que el estrictamente señalado, para apoyar mejor su pedido de ingreso.

Los cursos exigidos requieren generalmente tres años de estudio.

Las exigencias para el ingreso a Odontología suelen ser menores y pueden cumplirse en dos años.

b) y c) Estudios de cultura general

Para mejor comprender el desarrollo y la formación de los planes de estudio que calificamos de cultura general, conviene primero conocer algunas modalidades especiales de la Universidad en Estados Unidos.

Por tradición histórica y posiblemente por razones que han contemplado el individualismo americano, las Universidades no tienen planes fijos para los estudios de cultural general tanto en aquellos especializados en humanidades como en ciencias.

El establecer un plan de estudios queda librado al criterio del alumno con la ayuda de un consejero de la respectiva Facultad debiendo cumplirse determinadas condiciones impuestas por la misma y ser finalmente aprobado por ella.

Las condiciones fijadas por la Facultad suelen responder a los siguientes criterios:

El alumno debe adquirir ciertos conocimientos fundamentales necesarios cualesquiera sea la especialización que desea seguir.

Los cursos que aportan estos conocimientos son obligatorios para todos. Suelen ser cursos de idioma nacional (Inglés), cursos que permitan leer fácilmente algún o algunos de los idiomas antiguos o modernos y en algunas Universidades nociones de higiene. Además los ejercicios físicos son obligatorios, en muchos « College », el primer año.

El alumno debe seguir un cierto número de cursos en una misma especialidad, que le permita profundizar sus conocimientos en alguna rama importante de las actividades humanas. Este conjunto de cursos vinculados entre sí suelen llamarse « tema mayor » y por supuesto deben seleccionarse en forma adecuada para que el alumno no tenga dificultades para comprenderlos a medida que vaya progresando.

En general el tiempo dedicado al tema mayor representa un 50-60 % del total de los cursos.

Paralelamente a estos cursos el alumno sigue otros que habitualmente se denominan « tema menor » y que representan un 25-30 % del tiempo total.

En algunas Universidades el « tema menor » debe estar vinculado al mayor. En otras, por el contrario, se recomienda para aumentar el panorama al alumno, que sea diferente, finalmente hay escuelas donde el « tema menor » se subdivide en dos, uno vinculado al mayor y otro alejado de él.

A pesar de la carencia de planes fijos, no debe creerse que existan planes individuales desordenados o incoherentes en los estudios. La mejor advertencia a este respecto puede leerse en el anuario de la Universidad de Princeton donde se carece totalmente de plan fijo. Dice así: Princeton ha reducido los

cursos obligatorios a unos pocos cursos que considera... indispensables..., la Universidad reconoce que un programa de estudios debe ser adecuado a las necesidades del individuo; *pero el programa debe ser algo unificado y constructivo y no una simple miscelánea de cursos.*

Los cursos de cultura general duran cuatro años después de los cuales la Universidad otorga a quienes los hubieran aprobado el título de Bachiller en Artes (Bachelor of Arts., B. A.) si su especialización es humanística y el de Bachiller en Ciencias (Bachelor of Sciences, B. Sc.) si la especialización es científica. En algunas Universidades se da el título único de Bachelor of Arts con la indicación de concentración en ciencias en los casos necesarios.

b) Especialización en humanidades

Los grupos de cursos que se pueden elegir como «tema mayor» varían de una Universidad a otra, pues en buena parte depende de los cursos que en ella se dictan. En la Universidad de Harvard, un alumno del «College» podrá concentrar sus estudios en las siguientes especializaciones que podemos clasificar humanísticas: Literatura clásica, Filología, Inglés, Lenguas orientales, Arte, Lengua y Literatura Germana, Historia, Lenguas Hindúes, Literatura, Lenguas modernas, Música, Filosofía, Lenguas Romanas, Lenguas Semíticas, Lenguas Eslavas y Sociología.

Simultáneamente seguirá sus estudios de «tema menor» que deben ser diferentes de los correspondientes al mayor, elegidos entre la lista anterior y aún en departamentos de ciencias. Por ejemplo un alumno cuyo tema mayor sea Filosofía puede elegir Matemáticas y Física como menor y así para cada caso.

c) Especialización en ciencias

Igualmente que en el caso anterior, los grupos de cursos en ciencias a elegir como «tema mayor» varían de una Universidad a otra. En la Universidad de Chicago pueden elegirse entre otros los siguientes: Botánica, Zoología, Mate-

máticas, Física, Anatomía, Bacteriología y Parasitología, Química Biológica, Farmacología, Fisiología, Astronomía, Química, Geografía y Geología.

En la Universidad de Chicago, y esto sirve de ejemplo, la diferencia de criterios entre Instituciones de esa clase, un tercio de cursos que se siguen deben corresponder al «tema mayor», otro tercio deben ser cursos vinculados al mismo y el último tercio a cursos no vinculados.

Como ejemplo de vinculación de cursos; un alumno especializándose en Química seguirá cursos de Matemáticas y Física y aun de Fisiología y Bacteriología. Por el contrario un alumno especificándose en Fisiología seguirá cursos de Química, Física y Matemáticas para completar su preparación básica.

d) Estudios en ciencias que conducen a un título profesional

En el «College» se otorgan también diplomas que certifican estudios que conducen a una capacidad para actuar profesionalmente. En estos casos el plan a seguir es más rígido y no tiene la flexibilidad de los estudios anteriores, lo cual se comprende fácilmente si se piensa que la Universidad al otorgar un Diploma profesional certifica un mínimo de conocimientos en la especialización que el mismo abarca y por lo tanto debe exigir el cursado de estudios que aseguran la calidad y cantidad de ese mínimo.

Esta rigidez en los planes se acentúa en las Universidades más recientes y en las de Estado y es menor en las viejas Universidades del Este.

Como ejemplo de este tipo de estudios pueden mencionarse el Diploma de Bachelor of Chemistry (B. Ch.) que otorgan muchas Universidades. Requiere cuatro años de estudios y aunque en los últimos años existe un cierto número de cursos electivos, la mayor parte de los mismos son obligatorios como puede verse en los planos que se adjuntan en el apéndice y qué se acompañan por el interés que pueden tener en el caso particular de la carrera de Químico que se cursa en la Facultad.

e) Estudios en ciencias o artes aplicadas que conducen a un título profesional

En el « College » se dan también cursos en ciencias aplicadas, lógicamente con los estudios básicos previos, que conducen a un título profesional.

Ejemplos de esta clase son los estudios que conducen a título de Ingeniero en sus diferentes especialidades. Duran generalmente cuatro años y son especializados en el sentido que tienen una concentración de estudios sobre alguna rama particular de la ingeniería.

Los Institutos Tecnológicos, algunos de fama universal como el de Massachusetts (en Cambridge, cerca de Boston) son en realidad Universidades donde la mayor parte de los estudios tienen el carácter de ciencias o artes aplicadas. Por tal motivo muchos de los estudios que corresponden a este título se realizan de preferencia en esos Institutos.

Como ejemplo pueden servir los títulos de Ingeniería que otorga el Instituto de Tecnología de Massachusetts:

Ingeniero aeronáutico.

Ingeniero de construcciones.

Ingeniero administrativo y comercial.

Ingeniero químico.

Ingeniero civil.

Ingeniero electricista (puede ser en iluminotécnica o en comunicaciones).

Ingeniero de puertos.

Ingeniero mecánico (puede ser general, en automotores, en plantas de energía o en materiales).

Ingeniero metalúrgico.

Ingeniero naval (Arquitectura naval).

Ingeniero sanitario.

Igualmente deberíamos incluir bajo este epígrafe los cursos que conducen al título de Arquitecto en sus diversas especialidades, o al de Farmacéutico, etc. . . . todos ellos profesionales, y cuyos estudios duran habitualmente cuatro años.

El poseer un título de clase profesional no implica eliminar la posibilidad de realizar investigaciones y los graduados en Ingeniería, Arquitectura, etc., pueden continuar sus estudios para optar, lo mismo que quienes han estudiado ciencias puras, los títulos de Master of Science o Philosophical Doctor, que se comentan a continuación.

TITULOS SUPERIORES

En las materias científicas lo mismo que en las humanísticas, las Universidades de Estados Unidos dan dos títulos superiores al de Bachelor, que se denominan Master of Science (M. Sc.) y Philosophical Doctor (Ph. D.). Quienes siguen cursos para obtener estos títulos se denominan alumnos graduados y la Escuela donde los mismos se dictan se llama Escuela de Graduados.

Es muy corriente que el alumno cambie de Universidad al pasar del College a la Escuela de Graduados. Algunas lo fomentan sosteniendo que en esta forma se amplían los horizontes del mismo.

Para iniciar esos estudios que son de especialización, el alumno debe primero ser admitido a la Escuela de Graduados y aceptado por el departamento en el cual desea especializarse.

Las condiciones generales de la Universidad suelen ser la posesión de un título de Bachelor y ciertas condiciones de orden médico (estado de salud, vacunaciones, etc.), pero las exigencias de los Departamentos suelen ser superiores. Requieren en general una lista de los cursos seguidos para obtener el título de Bachelor y si los consideran insuficientes obligan a completarlos, exigen un cierto nivel en las clasificaciones del « College », conocimientos de idiomas extranjeros que pueden variar según la especialización y en algunos casos un examen previo, o al poco tiempo de comenzados los estudios, que sirve de control, capacidad de exposición en el alumno, criterio crítico del mismo, etc.

En general los estudios que conducen al título de Master of Science duran un año como mínimo, que suele extenderse hasta uno y medio. Consisten en cursos de naturaleza supe-

rior de la especialidad que se sigue. En algunas Instituciones es obligatorio seguir también otros cursos vinculados a esa especialidad o alejados de ella. El alumno debe concurrir a seminarios y presentar informes en los mismos.

Suele exigirse una tesis, que según la capacidad del alumno y los requerimientos de la Institución puede ser desde un estudio bibliográfico, al control de una experimentación ajena y aún llegar a la pequeña experimentación original.

El título de Philosophical Doctor es el más elevado que otorga la Universidad Americana. En una Institución seria, los estudios para obtener este título en una especialidad científica requieren un mínimo de tres años que suele extenderse a cuatro. Consisten en cursos superiores, especializados, similares a los de Master, y éstos pueden ser tomados en cuenta, disminuyendo en un año el tiempo para obtener el Doctorado, y en cursos vinculados o no a la especialización. El alumno asiste a seminarios que tienen lugar una o dos veces por semana donde debe también colaborar presentando informes. Finalmente el Doctorado exige la presentación de una tesis de investigación original. Un alumno que no pueda realizarla quedará forzosamente en Master of Science.

No hay la menor duda que los títulos de Doctor otorgados por instituciones universitarias de seriedad reconocida, garantizan en quien las recibe, capacidad para la resolución de problemas originales y da conocimientos amplios en su especialidad. No es un título que se consiga a fuerza de rendir examen.

Dice: La Universidad de Chicago (Anuario 1940-41; página 250).

El título de Doctor en Filosofía sólo se acuerda por trabajos de categoría y capacidad en la especialización elegida. Debe entenderse explícitamente que este título no se otorga por aprobar un número determinado de cursos.

La Universidad de Harvard (Anuario 1940-41; pág. 361) manifiesta:

El tiempo es una causa totalmente secundaria para otorgar el grado de Doctor en Filosofía. Este título no se recibe por la aprobación de cursos.

En el anuario (1940-41, pág. 175) de la Universidad de Columbia, dice:

Se espera que el candidato (a Doctor en Filosofía) demuestre un conocimiento global en su especialidad y tenga ideas generales en la ciencia de la cual ésta forma parte.

EL PROFESORADO Y SU ORGANIZACION

En las Universidades de Estados Unidos existen tres tipos de profesores:

El Profesor titular, grado superior en la escala, quien tiene a su cargo la parte administrativa y la dirección de la cátedra que dicta, y que de acuerdo a las necesidades de la Facultad, al personal auxiliar de que dispone, etc., suele dictar su curso completo de la materia o sino especializado.

Su salario es muy variable según las Universidades y la materia. Desde 5000 dólares en una Universidad del Oeste puede llegar a 12.000 en Yale y en Harvard, sobre todo en materias donde es necesario atraer personas que tienen una gran entrada en el ejercicio de su profesión. Dentro de una misma Universidad el salario es variable aún para la misma jerarquía de Profesor, pues el mismo surge de un arreglo entre el Profesor y la Universidad que se lleva a cabo en cada caso particular.

Sigue a éste el Profesor asociado, quien de acuerdo con el titular toma su cargo una parte del curso anual, o lo dicta casi integramente o dicta un curso especializado. Suele, de acuerdo con el titular, tomar a su cargo una parte de la administración de la cátedra. Su salario es inferior al del Profesor titular.

Finalmente está el Profesor asistente, de categoría administrativa inferior al asociado pero cuyas funciones son muy similares. Según la importancia de la Universidad, la cátedra puede tener uno o varios Profesores asociados y asistentes.

Existen luego los ayudantes de investigación, de los cuales disponen los profesores para estas tareas, en general jóvenes recién graduados de Master o de Doctor que continúan aumentando sus conocimientos y capacidad, y los ayudantes pa-

ra trabajos prácticos, quienes son egresados recientes o estudiantes graduados que en parte costean sus estudios en esta forma.

Todo este personal, profesores y ayudantes hace dedicación integral a la cátedra. En las Universidades serias o importantes no se concibe el profesorado de otra manera.

Se tolera, sin embargo, que un profesor actúe como consultor industrial, siempre que esa actividad no signifique una disminución de su dedicación a la cátedra.

Cuando el personal de una cátedra es muy numeroso, es habitual designarla en conjunto como Departamento o División, por ej.: Departamento de Bioquímica o División de Química Orgánica.

Si en cambio, el número es reducido, el conjunto de cátedras de materias afines suele formar el Departamento, así el de Química, el de Botánica, etc., siendo ejercida su dirección administrativa por uno de los profesores titulares que suele designarse Jefe del Departamento.

En otras Universidades el conjunto de Divisiones forma un gran Departamento.

Formando en general los edificios de la Universidad un conjunto común que se designa con el nombre de «campus» rara vez existen cátedras que se superpongan en la enseñanza, cosa que se señala particularmente en las materias básicas.

Los cursos básicos, Matemáticas, Física, Química y de las diversas ciencias biológicas suelen ser comunes para los alumnos de diversas carreras, aunque los textos que se recomienden y los exámenes puedan ser diferentes. Cuando por razones de enseñanza deben dictarse cursos especializados para determinados estudiantes, se lo hace en el departamento correspondiente y no en la Escuela a que esos estudiantes puedan pertenecer.

El nombramiento de profesores no está regido por el régimen de concursos. Al producirse una vacante la Universidad, por medio de su Cuerpo Directivo y extraoficialmente con la opinión de personas competentes, ofrece la situación a quien cree más adecuado para desempeñarla. El ofrecimiento suele importar un salario determinado variable para una misma

Universidad, y facilidades para investigar. El candidato acepta o no, y aún puede realizar una especie de contrapropuesta, pedir más salario o más ayudantes, etc.

ALUMNADO Y COSTO DE LOS ESTUDIOS

El alumnado debe dedicarse al estudio intensamente y su tiempo está en algunas Universidades totalmente tomado por los estudios, en otras puede disponer de unas horas diarias y tener un empleo para que ayude sus necesidades, pero este empleo no será nunca muy importante, por falta de tiempo.

Suelen ser empleados en los restaurants de las mismas Universidades cumpliendo turnos breves (dos horas), o en estaciones de servicio, etc., y además utilizan las vacaciones para emplearse más tiempo y economizar dinero.

Los exámenes tienen lugar a los pocos días de terminados los cursos; habitualmente son escritos. Un fracaso suele traducirse en un nuevo examen de inmediato o antes de iniciar los nuevos cursos y si se fracasa otra vez es habitual repetir esa materia, incluso trabajos.

Un alumno con un número grande de aplazados difícilmente puede continuar sus estudios.

En las Universidades donde las condiciones de ingreso son muy severas el número de fracasos es reducido, a veces el 1-2 % del alumnado.

El año escolar está dividido en algunas Universidades en dos semestres de 15 semanas cada una, en otras en tres trimestres de 10 semanas cada uno. Debe sumarse a éste el tiempo necesario para los exámenes.

El número de días festivos es muy reducido, y el número de semanas que se ha mencionado es tiempo real.

El costo de los estudios en una Universidad Americana es relativamente alto, mayor en las Universidades particulares que en las del Estado y dentro de cada Universidad, mayor en la Facultad de Medicina.

Así, el costo de inscripción anual en el College, es un promedio de 300 dólares en la Universidad de Chicago, 600 dóla-

res en el Instituto de Tecnología de Massachussetts, 390 dólares en Columbia (Nueva York) y 400 dólares en Havard.

Para Universidades de Estado pueden tomarse como ejemplo: la Universidad de Virginia que cobra 160 dólares a los residentes del Estado que siguen sus cursos en el College y 370 a los no residentes. Para estudios de Medicina el costo es de 370 a 420 dólares respectivamente. La Universidad de Oregón que cobra 102 dólares a los residentes y 222 a los no residentes y la Universidad de North Carolina que cobra 168 dólares a los residentes en ese Estado.

LA ENSEÑANZA

Puede afirmarse que en general la enseñanza de las ciencias en la mayoría de las Universidades Americanas, tiende a crear en el alumno una actitud mental, un entrenamiento que le permite encarar con más facilidad que si no lo tuviera, los problemas que le presenten sus actividades posteriores dentro de su especialización.

Este es posiblemente el motivo que la cantidad de conocimientos que se exige a un alumno en el «College» para otorgarle un título no es considerable, inferior en general a los similares nuestros, pero en cambio poseen una capacidad superior para encarar por propia cuenta nuevos horizontes y problemas en su especialidad.

Se busca aplicar y sedimentar el conocimiento. Esta tendencia se observa claramente en la importancia que se da a los trabajos prácticos, a realizarlos cuidadosamente, al tratar de profundizar en lo posible el significado teórico de la práctica realizada, y en el número de problemas que se realizan en horas de clase o fuera de ellas.

El examen que suele ser escrito, refleja también estos hechos, pues no consiste tanto en el desarrollo de un tema cuanto en la resolución de problemas que demuestran la base teórica del alumno, y en series de preguntas concretas que en general requieren el conocimiento de distintos temas para poder ser contestadas.

Este tipo de enseñanza es posible por la limitación del estudiantado y por la conservación de cursos de un nivel intelectual bastante homogéneo.

En la Escuela de Graduados, se intensifican las tareas que contribuyen a hacer más propia la personalidad. La presentación de informes bibliográficos críticos y la realización de una labor que, en buena parte, debe ser original, dan al estudiante una formación, que como se exige en ese tipo de egresados, les permita actuar en el futuro en calidad de dirigentes.

Se da poca importancia al aspecto formal de las clases teóricas. Estas son sobre todo una guía y una exposición crítica para auxiliar al alumno a discernir entre los puntos que son importantes y los que no lo son. Es corriente el empleo de textos para estudio y recomendar alguno de ellos al comienzo de los cursos.

LA INVESTIGACION

Paralelamente a la enseñanza, las Universidades cuidan con especial celo la función creadora de conocimiento. Es un deber del Profesor realizar investigación, y el progreso en la carrera universitaria de un joven egresado depende principalmente de su capacidad para realizar o dirigir investigaciones originales.

La investigación la realizan directamente los profesores, por intermedio de ayudantes de investigación pagados especialmente por la Universidad o por instituciones que desean fomentarlas y finalmente por el trabajo de los alumnos que realizan sus tesis.

A medida que se va avanzando en la escala del profesorado, es habitual dedicarse cada vez menos a la enseñanza y más a la dirección de investigaciones originales y varias Universidades han creado cátedras de investigación que no tienen función de enseñanza común sino de investigar y dar cursos muy especializados, y que han sido confiadas a hombres que han ya realizado una labor original importante.

**PLANES DE ESTUDIO PARA OBTENER EL TITULO DE
BACHELOR, MASTER O PHILOSOPHICAL DOCTOR CON
ESPECIALIZACION QUIMICA**

El interés particular por los estudios químicos, me ha permitido conocer mejor que para otra ciencia los planes de estudio y los cursos que deben aprobarse para obtener los diversos títulos en esa especialidad.

Conviene señalar que la diferencia entre horas teóricas y prácticas no tiene la rigidez que suele presentar entre nosotros, sobre todo en materias que se prestan a la resolución de problemas, pues algunas de las llamadas horas teóricas están destinadas a esa tarea.

Además, en algunas Universidades, es costumbre dedicar en los cursos inferiores una o dos horas semanales a interrogar los alumnos y aclarar dudas que estos expresen.

**ESTUDIOS PARA OBTENER EL TITULO DE « BACHELOR
OF CHEMISTRY »**

Considerándose éste un título que permite actividad profesional, los estudios que conducen al mismo tienen un alto número de materias obligatorias que aseguren una preparación suficiente para la misma.

Las materias obligatorias suelen ser las siguientes:

Inglés, Alemán, Matemáticas y Física como materias no químicas.

Química Inorgánica, Química Orgánica, Química Analítica, cualitativa y cuantitativa y Físico-química como materias químicas.

El resto del tiempo se llena con cursos electivos. Existe una variedad muy grande en la elección y es condición para su aceptación haber aprobado estudios que permitan comprender los cursos elegidos.

Habitualmente un alumno puede elegir cursos de Química de la misma clase pero superiores a los ya cursados, o diversos cursos vinculados a la Química.

Entre un número grande de Universidades los siguientes cursos eran electivos para los estudiantes de Química: Termodinámica, Coloides, Radioactividad, Electroquímica, Indicadores y Análisis Volumétrico, Microanálisis, Microscopía Química, Química Biológica, Química Industrial, Combustibles, Historia de la Química, Bibliografía Química, Bacteriología y Geología.

Además suelen admitirse como cursos electivos estudios desvinculados a la Química, por ejemplo en Filosofía o Economía, y aún, en alguna Universidad, es obligatorio hacerlo así.

Finalmente en determinadas universidades el ejercicio militar es obligatorio en primer año.

A continuación se detallan algunos planes de estudio que aclararán en parte los conceptos anteriores. (Cada semestre representa 15 semanas). Las horas son semanales (h.).

UNIVERSIDAD DE PRINCETON

I AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química inorgánica y análisis cualitativo.	2 h. teóricas 6 » prácticas	Química inorgánica y análisis cualitativo.	2 h. teóricas 6 » prácticas
Matemáticas	3 » teóricas	Matemáticas	3 » teóricas
Alemán.	3 » »	Alemán.	3 » »

II AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química analítica cuantitativa.	2 h. teóricas	Química analítica cuantitativa.	2 h. teóricas
Física.	3 » teóricas	Física.	3 » teóricas
Matemáticas	3 » »	Matemáticas	3 » »
Alemán.	3 » »	Alemán.	3 » »

III AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química orgánica	3 h. teóricas 5 » prácticas	Química orgánica	3 h. teóricas 5 » prácticas
Curso electivo obligatorio de química	3 » teóricas 4 a 6 » prácticas	Curso electivo obligatorio de química	3 » teóricas 4 a 6 » prácticas

IV AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Físico-Química.	3 h. teóricas 4 » prácticas	Físico-Química.	3 h. teóricas 4 » prácticas
Curso electivo obligatorio de química.	3 » teóricas 4 a 6 » prácticas	Curso electivo obligatorio de química.	3 » teóricas 4 a 6 » prácticas
Trabajo de laboratorio 6 a 8 »	»	Trabajo de laboratorio 6 a 8 »	»

En los años III y IV, deben incluirse dos cursos electivos más por semestre que pueden ser de química o no. El Departamento de Química recomienda el estudio de Filosofía y Lógica entre ellos.

UNIVERSIDAD DE WISCONSIN

El Departamento de Química de la Universidad de Wisconsin tiene una reputación destacada por los trabajos de investigación que allí se realizan y por la calidad de los estudios.

I AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química general e inorgánica	3 h. teóricas 4 » prácticas	Química general e inorgánica	3 h. teóricas 4 » prácticas
Matemáticas	3 » teóricas 2 » prácticas	Matemáticas	3 » teóricas 2 » prácticas
Inglés	3 » »	Inglés	3 » »
Alemán	4 » »	Alemán	4 » »

II AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química analítica cuantitativa	3 h. teóricas 4 » prácticas	Química analítica cuantitativa	3 h. teóricas 4 » prácticas
Matemáticas	2 » teóricas 2 » prácticas	Matemáticas	2 » teóricas 2 » prácticas
Física	2 » teóricas 4 » prácticas	Física	2 » teóricas 4 » prácticas
Alemán	3 » »	Alemán	3 » »

III AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química orgánica	2 h. teóricas 6 » prácticas	Química orgánica	2 h. teóricas 6 » prácticas
Físico-Química	3 » teóricas 6 » prácticas	Físico-Química	3 » teóricas 6 » prácticas
Francés	4 » »	Francés	4 » »
Cursos electivos	6 a 8 » »	Cursos electivos	6 a 8 » »

IV AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química industrial	2 h. teóricas 2 » prácticas	Química industrial	2 h. teóricas 2 » prácticas
Trabajo en laboratorio	8 » »	Trabajo en laboratorio	8 » »
Cursos electivos	12 a 15 » »	Cursos electivos	12 a 15 » »

Los cursos electivos pueden ser en la materia química o en otra vinculada a ella.

UNIVERSIDAD DE MICHIGAN

La Universidad de Michigan es un excelente ejemplo de Universidad de Estado. El Departamento de Química tiene una merecida reputación, por los trabajos que en él se han realizado y por las situaciones que sus alumnos ocupan.

I AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química general inorgánica	3 h. teóricas 4 » prácticas	Química general inorgánica	3 h. teóricas 6 » prácticas
Matemáticas	4 » »	Matemáticas	4 » »
Inglés	3 » »	Inglés	3 » »
Alemán	4 » »	Alemán	4 » »

II AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química analítica cuantitativa	2 h. teóricas 12 » prácticas	Química analítica cuantitativa	4 h. teóricas 7 » prácticas
Matemáticas	4 » teóricas	Matemáticas	4 » teóricas
Física	4 » »	Física	4 » »
Alemán	2 » »	Alemán	2 » prácticas
Un curso electivo.		Un curso electivo.	

III AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Análisis cuantitativo	2 h. teóricas 8 » prácticas	Química orgánica	4 h. teóricas 7 » prácticas
Francés	4 » »	Francés	4 » »
Física (medidas eléctricas	4 » »		

Cursos electivos (de uno a tres cada semestre, según el tiempo que requieran).

IV AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Físico-Química	4 h. teóricas 8 » prácticas	Físico-Química	4 h. teóricas 8 » prácticas
Bibliografía química	2 » »		

Cursos electivos (de dos a tres cada semestre, según el tiempo que requieran).

El Departamento de Química recomienda elegir cursos electivos que permitan profundizar los conocimientos de Química,

Matemáticas o Física, o bien Filosofía, Mineralogía, Geología, Geografía, etc.

UNIVERSIDAD DE YALE

La Universidad de Yale puede tomarse como ejemplo de una de las viejas universidades de Estados Unidos.

I AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química general y análisis		Química general y análisis	
cualitativo	3 h. teóricas	cualitativo	3 h. teóricas
	3 » prácticas		3 » prácticas
Matemáticas	3 » »	Matemáticas	3 » »
Ing'és.	3 » »	Ing'és.	3 » »
Alemán	3 » »	Alemán	3 » »

II AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Análisis cuantitativo. . .	3 h. teóricas	Análisis cuantitativo. . .	3 h. teóricas
	9 » prácticas		9 » prácticas
Matemáticas	3 » »	Matemáticas	3 » »
Física	4 » teóricas	Física	4 » teóricas
	2 » prácticas		2 » prácticas
Alemán	3 » »	Alemán	3 » »

III AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química orgánica.	3 h. teóricas	Química orgánica.	3 h. teóricas
	9 » prácticas		9 » prácticas
Físico-Química	3 » teóricas	Físico-Química	3 » teóricas
	3 » prácticas		3 » prácticas
Matemáticas	3 » »	Matemáticas	3 » »

Un curso electivo por semestre, que no deben dictarse en el Departamento de Química y uno de los cuales se recomienda sea Biología.

IV AÑO

<i>1er. semestre</i>		<i>2º semestre</i>	
Química orgánica superior	3 h. prácticas	Química orgánica superior	3 h. prácticas
Química general superior.	3 » »	Química general superior.	3 » »
Termodinámica	3 » »	Termodinámica	3 » »
		Electivos: ver nota.	

Electivos. En la Universidad de Yale, los cursos electivos del último año pueden ser todos de Química, teóricos y de

laboratorio. Textualmente la Universidad dice que el alumno puede substituir la mitad de sus cursos electivos cumpliendo prácticas de Química Orgánica o de Físico-química o substituir todos los cursos electivos por prácticas de Orgánica y de Físico-química. Cada uno de estos cursos representa 6 horas por semana.

ESTUDIOS QUE CONDUCEN AL TITULO DE « MASTER » Y DE DOCTOR EN FILOSOFIA

La admisión a estos estudios es, en todas las Universidades, extrictamente limitada, y el número de alumnos está determinado por la capacidad de los laboratorios.

UNIVERSIDAD DE MINESSOTA

La Universidad requiere para ingresar a la escuela de graduados y ser estudiante regular, poseer el título de Bachelor obtenido con buenas clasificaciones. Para cursar estudios en el Departamento de Química debe haberse cursado en el College un plan como los que se han indicado para el título de Bachelor of Chemistry.

Deben poder leer Francés o Alemán, de preferencia Alemán, para ser aceptado como candidato al título de Master y de ambos idiomas para el título de Doctor.

Materias a cursar para el título de Doctor (Ph. D.):

a) Especialización mayor: Química Orgánica y especialización menor Físico-química.

Química orgánica superior.....	3	h. teóricas semanales	30	semanas
Laboratorio orgánico superior	8	» » »	10	»
Química orgánica cualitativa	2	» » »	10	»
	8	» prácticas »	10	»
Química orgánica cuantitativa	1	» teórica »	10	»
	6	» prácticas »	10	»
Termodinámica química	3	» teóricas »	20	»
Química orgánica especial	3	» » »	30	»
Química orgánica teórica	3	» » »	30	»

Los cursos anteriores corresponden a la especialización mayor. Para la especialización menor se cursan los siguientes:

Cinética y catálisis	3	h. teóricas semanales	20 semanas
Valencia	3	» » »	20 »
Fotoquímica	3	» » »	10 »
Acidos y Bases	2	» » »	10 »

b) Especialización mayor: Química analítica y especialización menor Físico-química.

Química orgánica superior	3	h. prácticas semanales	30 semanas
	3	» » »	10 »
Química orgánica cualitativa	2	» » »	10 »
	8	» prácticas	10 »
Química orgánica cuantitativa	1	» teórica	10 »
	6	» prácticas	10 »
Microanálisis inorgánico cualitativo ...	1	» teórica	10 »
	6	» prácticas	20 »
Análisis tecnológico	1	» teórica	10 »
	1	» práctica	10 »
Termodinámica química	3	» prácticas semanales	20 semanas
Química analítica superior	1	» teórica	20 »
	6	» prácticas	20 »
Métodos analíticos electrométricos	2	» teóricas	20 »
	6	» prácticas	20 »
Análítica especial	3	» » »	30 »

Corresponden a la especialización menor los siguientes cursos:

Acidos y bases	2	h. teóricas	10 semanas
Radioactividad	3	» »	20 »
Fotoquímica	3	» »	10 »
Química de los coloides	2	» »	30 »

Estos cursos suelen extenderse durante un período de dos años comenzándose la tesis durante el segundo. Al finalizar el segundo año se toman al alumno exámenes escritos de Química inorgánica, orgánica y Físico-química y otro oral muy extenso que abarca los diferentes conocimientos químicos.

El alumno tiene también examen de tesis. Debe concurrir a seminarios y presentar informes a los mismos.

Si alguna vez un alumno no demuestra suficiente capacidad para lograr el título de Doctor se le aconseja desistir otorgándosele el de Master.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALIFORNIA (CALIFORNIA
INSTITUTE OF TECHNOLOGY)

Esta Institución, no estimula a seguir estudios superiores en Química, que conduzcan al título de Master por considerarlo poco útil y aconseja obtener con más tiempo el de Doctor (Ph. D.).

Prefiere para este caso alumnos que hayan cursado el College en otras universidades. La admisión es limitada y la aceptación se basa en los antecedentes de los candidatos. Deben poder leer Francés y Alemán.

Al promediar el primer año deben dar un examen de eficiencia en Química Inorgánica, Orgánica, Físico-química y Química de coloides y superficies. Si fracasan pueden repetirlo una segunda vez antes de terminar el año, pero si el fracaso se repite son eliminados.

Para obtener el título de «Master» suele emplearse un año y medio y para el de Doctor cuatro, aunque el mínimo aceptable es un año y tres respectivamente. Los cursos están divididos en trimestres.

MATERIAS A CURSAR PARA EL TÍTULO DE «MASTER»

a) Ejemplo con dedicación a Química Orgánica:

Química orgánica superior	2 h. semanales	30 semanas
Química orgánica cualitativa	8-10 h. »	10 »
Química orgánica cuantitativa	8-10 h. »	10 »
Preparaciones orgánicas superiores	15-20 h. semanales (según el alumno)	10 »
Termodinámica Química	2 » semanales	10 »
Valencia	2 » »	30 »

b) Ejemplo con dedicación a Físico-química:

Química inorgánica superior	2 h. semanales	20 semanas
Química orgánica superior	2 » »	20 »
Termodinámica química	2 » »	10 »
Valencia	2 » »	30 »
Introducción a la mecánica estadística	3 » »	30 »
Introducción a la mecánica cuántica .	3 » »	30 »
Electricidad y magnetismo	3 » »	30 »
Prácticas de físico-química	15-20 » semanales (según el alumno)	20 »

En los dos ejemplos el alumno debe seguir cursos representando 3 a 4 horas semanales durante 20 semanas en el Departamento de Humanidades (Filosofía, Lógica, Historia, Literatura inglesa, etc.).

Deben además asistir a seminarios y presentar informes sobre temas que se les asignen.

Si les alcanza el tiempo pueden emprender un pequeño trabajo de investigación.

MATERIAS A CURSAR PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

a) Ejemplo con dedicación a Química Orgánica.

Todos los mencionados para obtener el título de Master y además los siguientes:

Química de los hidratos de carbono . . .	1 » semanal	10 semanas
Química de las proteínas	2 » semanales	10 »
Química de los lípidos	1 » »	10 »
Reacciones orgánicas	2 » »	20 »
Teorías orgánicas	2 » »	20 »

Los alumnos deben elegir un tema menor que suele ser: Fisiología, Biología, Química Biológica o Física.

En el caso de ser biología se exige seguir los siguientes cursos:

Química biológica	2 h. teóricas semanales	20 semanas
	4 » prácticas »	20 »
Fisiología animal	3 » teóricas »	20 »
	3 » prácticas »	20 »
Bacteriología	2 » teóricas »	10 »
	2 » prácticas »	10 »
Inmunología	2 » teóricas »	10 »
	6 » prácticas »	10 »

Los alumnos deben concurrir a seminarios y presentar informes en los mismos y presentar un informe escrito sobre su tesis a la mitad de su realización.

Además de los exámenes de los cursos existe el examen final sobre la tesis y sobre 10 proposiciones elegidas por el candidato, pudiendo el tribunal realizar preguntas fuera de ellas.

b) Ejemplo con dedicación a Físico-química.

Todos los cursos mencionados para obtener el título de Master y además los siguientes (tema mayor):

Química de los coloides	3	h. teóricas semanales	10	semanas
Cinética	2	» » »	20	»
Estructura de cristales	3	» » é	30	»
Métodos para el estudio de la estructura cristalina	2	» » »	30	»
Seminario de termodinámica	2	» » »	30	»
Análisis orgánico cualitativo	8-10	» teóricas	»	30 »
Tema menor: (Física)				
Ecuaciones diferenciales	3	» » »	30	»
Termodinámica	3	» » »	10	»
Electricidad y magnetismo	3	» » »	10	»
Mecánica cuántica	»	» » »	»	30 »

UNIVERSIDAD DE YALE

Obtención del título de Ph.D. (Especialización Química biológica).

Esta Universidad requiere para poder ingresar a la escuela poseer el título de «Bachelor in Chemistry» o en Ciencias Naturales en general.

El Departamento de Bioquímica exige que en el College se haya aprobado un curso de Anatomía comparada y otro de Histología, y si así no fuere deben cursarse previamente. Esos cursos son semestrales. Deben además conocer Francés y Alemán.

Para obtener el título de Ph.D. en la especialidad Química Biológica exigen la aprobación de los siguientes cursos (no existe tema mayor y menor):

Química orgánica superior	2	h. semanales	30	semanas
Laboratorio orgánico superior	6-9	» » »	30	»
Fisiología	3	» teóricas semanales	15	»
	9	» prácticas »	15	»
Química biológica	3	» teóricas semanales	15	»
	9	» prácticas »	15	»
Preparaciones biológicas	15	» » »	15	»
Bacteriología	3	» teóricas semanales	15	»
	9	» prácticas »	15	»
Química y metabolismo de amino-ácidos	2	» teóricas »	10	»
Química y metabolismo de los hidratos de carbono	2	» » »	10	»
Enzimas	1	» » »	10	»
Nutrición	2	» » »	10	»
Glándulas de secreción interna	2	» » »	10	»

Al finalizar cada curso debe rendirse examen del mismo y al terminar el segundo año un examen oral y escrito total sobre Química Biológica.

El alumno debe asistir a seminarios y presentar informes bibliográficos.

Mientras tanto va desarrollando la tesis que debe constituir una investigación original, y sobre la cual se pide también un examen al finalizarla.

En total hacen falta entre tres y cuatro años para obtener el título.

UNIVERSIDAD DE COLUMBIA (NUEVA YORK)

Obtención del título de Ph. D. (Especialización en Química Biológica).

El alumno debe tener su certificado de estudios del « College » en el cual debe haber cursado Química General, Química Orgánica, Química Analítica y un año de Biología. Debe conocer Francés y Alemán. Cualquier deficiencia en esta preparación debe completarla previamente.

Los cursos que obligatoriamente debe seguir, son:

Química orgánica superior	3 h. teóricas	30 semanas
	6 » prácticas	30 »
Físico-química	3 » teóricas	30 »
	6-9 » prácticas	30 »
Química analítica	1 » teórica	30 »
	9 » prácticas	30 »
Química de productos naturales	2 » teóricas	20 »
Fisiología	4 » teóricas	20 »
	6 » prácticas	20 »
Bacteriología	1 » teórica	20 »
	3 » prácticas	20 »
Química biológica	2 » teóricas	20 »
	7 » prácticas	20 »
Métodos especiales en química biológica	9 » prácticas	30 »

Debe concurrir a seminarios y presentar informes. Se toma al alumno un examen escrito general al finalizar todos los cursos. Debe realizar una tesis original.

Tiempo mínimo necesario para obtener el título: 3 años.

UNIVERSIDAD DE COLUMBIA (NUEVA YORK)

Obtención del título de Ph. D. (Especialización en Físico-química).

Para ser admitido, además del diploma del College, el alumno debe pasar un examen escrito en Química Inorgánica, Química Orgánica, Química Analítica y Físico-química. Debe conocer Francés y Alemán.

Cursos a seguir en la especialización mayor (Físico-química):

Físico química experimental	1	h. teórica	15 semanas
	6	» prácticas	15 »
Termodinámica química	3	» teóricas	15 »
Regla de la fases	2	» »	»15 »
Cinética	2	» »	»15 »
Mecánica cuántica elemental	3	» »	15 »
Físico-química orgánica	3	» »	15 »
Mecánica estadística	3	» »	15 »
Estructura atómica y molecular	3	» »	15 »

Cursos que se consideran fuera de la especialización:

Química orgánica	2	h. teóricas	30 semanas
Historia de la ciencia	2	» »	30 »

Los conocimientos de matemáticas para seguir los cursos anteriores debe lograrlos el alumno por estudio personal, pero no se le cuentan como cursos seguidos.

Debe además asistir a seminarios y presentar informes.

Al finalizar los cursos, lo que suele llevar un año, debe aprobar un examen sobre los mismos. Mientras tanto ha comenzado la tesis y algún tiempo después de aprobado el examen anterior debe presentar tres proposiciones originales sobre investigación química que debe defender en un examen oral.

La tesis se considera que requiere dos años de dedicación exclusiva para llevarla a cabo y los estudios en su totalidad 3 años. La tesis debe defenderse en un examen que incluye también aspectos generales de la Química.

UNIVERSIDAD DE WISCONSIN (MADISON)

Obtención del título de Ph. D. (Especialización en Química Orgánica).

El alumno para ser admitido debe presentar el diploma del College y las clasificaciones obtenidas. Debe conocer Francés y Alemán.

Cursos a seguir (tema mayor):

Química orgánica superior	3	h. teóricas	30 semanas	2 años
Laboratorio orgánico superior	8	» prácticas	15	»
Caracterización de sustancias orgánicas	8-10	»	15	»

Tema menor: Físico-química.

Físico-química superior	3	h. teóricas	30	»
Cinética	2	»	15	»
Termodinámica	2	»	15	»
Mecánica cuántica	2	»	15	»

Debe además asistir a seminarios y presentar informes.

Al finalizar el primer año se le toma un examen de calificación de Química Inorgánica, Química Orgánica y Físico-química.

Al finalizar el segundo año un examen sobre el tema mayor y el tema menor.

La tesis debe defenderse en un examen.

CAMPO DE ACCION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE EGRESADOS DE LA ESPECIALIDAD QUIMICA

BACHELOR OF CHEMISTRY (B. Ch.)

Se considera que los egresados con este título pueden emplearse con éxito y poseen la preparación suficiente para ello, como químicos asistentes en industrias, laboratorios del Estado o laboratorios particulares, o para la realización de análisis sistemáticos en esos mismos laboratorios, o en el control químico en las plantas de producción.

Un cierto número de ellos encuentran también cabida en los departamentos de ventas de compañías químicas, pues debidamente instruídos en la forma de aplicar productos por éstas producidos, son de utilidad para iniciar en el manejo de los mismos a los clientes. Son pues técnicos de la sección ventas.

Finalmente la enseñanza secundaria utiliza en muchas oportunidades personas que poseen el título de Bachelor.

Las posibilidades de progreso ulterior dependen de la capa

cidad individual y de múltiples condiciones personales, y aunque no se espera que un « Bachelor » posea suficientes conocimientos como para resolver problemas originales, y nunca se los envía de inmediato a laboratorios de investigación para que actúen individualmente, algunos de ellos, con gran capacidad personal han llegado a ocupar posiciones importantes en los laboratorios donde se iniciaran.

MASTER OF SCIENCE (M. Sc.)

Una persona con este título en la especialidad química, tiene las mismas oportunidades que el « Bachelor » al iniciarse, pero se le reconoce una mayor capacidad inicial y el salario suele ser mayor.

Algunas escuelas secundarias comienzan a exigir en forma obligatoria el título de Master a sus profesores.

PHILOSOPHICAL DOCTOR (Ph. D.)

Los egresados con este título, en tiempos normales, son incorporados a laboratorios industriales, del Estado o particulares, con una jerarquía directiva sobre otros químicos o para la realización de investigaciones originales.

Su salario es mayor que el de un « Bachelor » o un « Master » y se considera que sería dilapidar el dinero emplear un « Doctor » en tareas de rutina.

Igualmente este título es prácticamente indispensable si se piensa en seguir la carrera universitaria o incorporarse a alguno de los Institutos de investigación públicos o privados que existen en Estados Unidos.

Cualquiera de los tres títulos permite, cosa por otra parte muy poco legislada, el ejercicio libre de la profesión, pero no es corriente iniciarse en esta forma pues se considera importante adquirir experiencia al lado de personas que ya la poseen.

En « Chemia », Vol. 10, pág. 141 (1937-38), puede verse un excelente estudio del Dr. Carlos A. Abeledo titulado « Los estudios Químicos en las Universidades Norteamericanas » cuya lectura ampliará ciertos aspectos que no han sido considerados en detalle en el informe anterior. — V. D.

TEORIA Y ENSAYO DE LA BALANZA

(Publicado en la revista del Centro de Estudiantes de Ingeniería).

1. — Teóricamente una balanza debe ser estudiada desde dos puntos de vista distintos: sus condiciones estáticas y sus condiciones dinámicas.

Las condiciones estáticas de una balanza determinan su *estabilidad*, su *exactitud*, su *sensibilidad*, su *rigidez*, y su *fidelidad*. Las condiciones dinámicas determinan su *amortiguamiento* y su *rapidez*.

El estudio práctico, o sea el ensayo de una balanza, se propone estudiar estas siete cuestiones.

§ 1. — ESTUDIO ESTÁTICO.

2. — Esquemáticamente, una balanza es una palanca de primer género sobre la cual actúan tres fuerzas: los pesos de los platillos con sus cargas respectivas, en los extremos de la cruz, y el peso de esta última aplicado a su centro de gravedad.

Las cuchillas de la balanza pueden ser paralelas pero no equidistantes; en tal caso las longitudes de los brazos no son iguales. Diferencias de longitud del orden de los micrones conducen a errores apreciables en las pesadas con balanzas comunes de laboratorio (sensibles al miligramo). Por tanto, no es posible realizar la igualdad de las longitudes de los brazos para poder desentenderse de los errores respectivos.

Las cuchillas de una balanza, aún siendo paralelas, pueden no ser *coplanares*. Sus trazas *A*, *O*, *B* (fig. 1) en un plano perpendicular a las tres no estarán en tal caso alineadas sino que formarán un triángulo, aproximadamente isósceles, de al-

tura OM muy pequeña. Es suficiente que esta altura sea del orden de los micrones para que sus efectos sean apreciables sobre la sensibilidad de la balanza; por tanto, esta circunstancia no puede eliminarse prácticamente, y la teoría debe tomarla en cuenta.

Las cuchillas de la balanza pueden no ser paralelas, ni horizontales. Pero los errores correspondientes son despreciables en primera aproximación, como lo veremos al tratar de las condiciones de fidelidad. Luego, pueden no tomarse en cuenta cuando se estudian las demás condiciones estáticas (estabilidad, exactitud y sensibilidad).

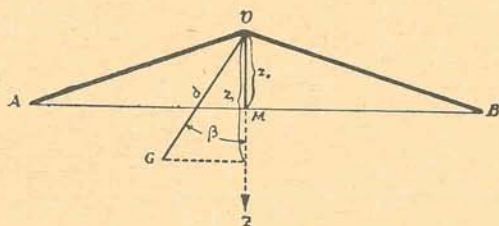


FIG. 1.

Finalmente, la simetría de construcción de la cruz no puede realizarse tan exactamente (ni hay interés en ello) como para asegurar que su centro de gravedad yace en la altura OM o en sus prolongaciones. Por esta causa, los platillos de una balanza, comprendidas sus suspensiones respectivas no son generalmente de iguales pesos, y no pueden permutarse entre sí.

En resumen, reduciremos esquemáticamente la balanza a lo siguiente (véase la fig. 1): las cuchillas son paralelas entre sí, pero no coplanares ni equidistantes. A , O y B son sus trazas sobre un plano perpendicular a las mismas. G es el centro de gravedad de la cruz.

3. — Utilizaremos las siguientes notaciones:

$$\left. \begin{aligned} AM &= D_s \\ MB &= D_d \\ GO &= d \end{aligned} \right\} \text{ las tres siempre positivas.}$$

$OM = z_0$; altura del vértice O sobre la base AB , positiva si O está por encima de ésta, y negativa en caso contrario.

Posición de cero de la balanza es la que corresponde a la posición horizontal de la recta (plano) AB .

$\angle ZOG = \beta$; siendo OZ la vertical que pasa por O y dirigida hacia *abajo*. El ángulo β será positivo en el sentido del movimiento de las agujas de un reloj, y negativo en caso contrario. En la figura 2 está representado el caso en que z_0 y β son negativos. Además, el ángulo β se mide en la posición de cero, y es una constante de la cruz.

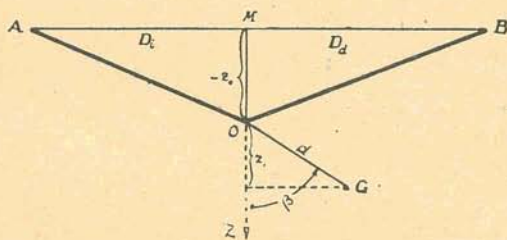


FIG. 2.

$d \cos \beta = z_1$; altura del vértice O sobre el centro de gravedad G en la posición de cero, positivo si aquél está por encima de éste, y negativo en caso contrario. En las dos figuras anteriores z_1 es positivo.

$p_0 =$ peso de la cruz.

4. POSICIÓN DE EQUILIBRIO CON CARGA. — Sean P_d y P_i las cargas de la derecha y de la izquierda, respectivamente, comprendiendo los pesos de los platillos; y demos a la cruz de la balanza una inclinación α , positiva si es en el sentido del movimiento de las agujas del reloj y negativa en caso contrario (véase la figura 3). Por ahora no suponemos que la balanza esté en equilibrio en la posición en que hemos colocado la

cruz; queremos por el contrario calcular el momento M resultante, con respecto al punto O . Computaremos positivamente los momentos de las fuerzas que tiendan a hacer girar la cruz en el sentido del movimiento de las agujas del reloj.

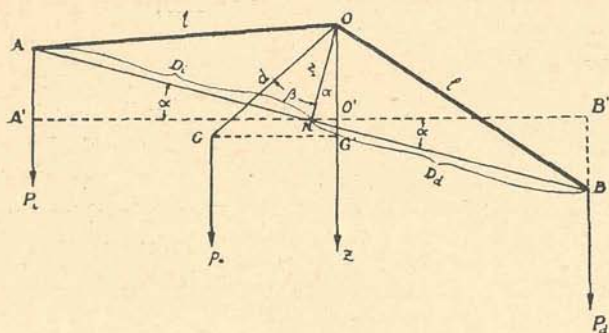


FIG. 3.

De la figura 3 resulta:

$$M = P_d \cdot \overline{O'B'} - P_i \cdot \overline{A'O'} - p_0 \cdot \overline{GG'} = P_d (D_d \cos \alpha - z_0 \sin \alpha) - P_i (D_i \cos \alpha + z_0 \sin \alpha) - p_0 d \sin (\alpha + \beta).$$

Desarrollando

$$\sin (\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha,$$

queda:

$$M = [(P_d D_d - P_i D_i) - p_0 d \sin \beta] \cos \alpha - [(P_i + P_d) z_0 + p_0 d \cos \beta] \sin \alpha$$

o sea, teniendo en cuenta que

$$d \cos \beta = z_1:$$

$$M = [(P_d D_d - P_i D_i) - p_0 d \sin \beta] \cos \alpha - [(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1] \sin \alpha. \quad [1]$$

En la posición de equilibrio debe ser $M=0$; por lo tanto, dividiendo por $\cos \alpha$, podemos calcular la inclinación de equi-

librio α_0 :

$$0 = [(P_d D_d - P_i D_i) - p_0 d \operatorname{sen} \beta] \cos \alpha_0 - [(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1] \operatorname{sen} \alpha_0 \quad [2]$$

$$\operatorname{tang} \alpha_0 = \frac{(P_d D_d - P_i D_i) - p_0 d \operatorname{sen} \beta}{(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1} \quad [3]$$

De acuerdo con esta fórmula hay *dos* posiciones posibles de equilibrio, que difieren en 180° ; pero de ellas sólo una es realizable, puesto que la otra correspondería a una inversión de la cruz, que es imposible.

5. ESTABILIDAD. — Para que una posición de equilibrio sea observable es necesario:

1º Que corresponda a un ángulo α_0 pequeño en valor absoluto (en general, la balanza no puede inclinarse más de 5° a cada lado).

2º Que dicha posición de equilibrio sea estable.

La primera condición podemos expresarla:

$$|\alpha_0| < 6^\circ; |\operatorname{tang} \alpha_0| < 0,1; |\operatorname{sen} \alpha_0| < 0,1; |\cos \alpha_0| > 0,995; \quad [4]$$

luego, según la fórmula [3]:

$$\left| (P_d D_d - P_i D_i) - p_0 d \operatorname{sen} \beta \right| < \frac{1}{10} (P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1, \quad [4']$$

donde las barras verticales indican valores absolutos.

Para estudiar la condición de estabilidad, calculemos la variación δM del momento resultante debida a una variación $\delta \alpha$ de la inclinación de la balanza. De la fórmula [1] se obtiene:

$$\delta M = - \left\{ [(P_d D_d - P_i D_i) - p_0 d \operatorname{sen} \beta] \operatorname{sen} \alpha + [(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1] \cos \alpha_0 \right\} \delta \alpha;$$

y si el ángulo α correspondía a una posición de equilibrio:

$$\delta M = - \left\{ [(P_d D_d - P_i D_i) - p_0 d \text{ sen } \beta] \text{ sen } \alpha_0 + [(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1] \cos \alpha_0 \right\} \delta \alpha_0.$$

Ahora bien, la estabilidad del equilibrio significa que producido un desplazamiento virtual $\delta \alpha_0$ la balanza tiende a volver a su posición de equilibrio; o sea, que el momento δM correspondiente sea de signo *opuesto* a $\delta \alpha_0$. Para ello es necesario y suficiente que:

$$(P_d D_d - P_i D_i - p_0 d \text{ sen } \beta) \text{ sen } \alpha_0 + [(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1] \cos \alpha_0 > 0. \quad [5]$$

Ahora bien, el signo del primer miembro depende fundamentalmente del de su segundo término. En efecto, por las [4] y [4']:

$$\left| (P_d D_d - P_i D_i - p_0 d \text{ sen } \beta) \text{ sen } \alpha_0 \right| < \frac{1}{100} \left| [(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1] \cos \alpha_0 \right|. \quad [5']$$

Además, por ser $\cos \alpha_0 > 0$, el signo de las [5] será el del coeficiente de $\cos \alpha_0$. Por tanto, la condición [5] se reduce a:

$$(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1 > 0. \quad [6]$$

Esta fórmula expresa las condiciones de estabilidad de la balanza (en la posición de cero es $\alpha_0 = 0$, y la [5] se reduce directamente a la 6).

La condición [6] queda satisfecha:

- 1º Si z_0 y z son ambos positivos, como en la figura 1;
- 2º Si z_1 es positiva y z_0 negativo (fig. 2), pero además:

$$|p_0 z_1| > |(P_d + P_i) z_0|;$$

- 3º Si z_0 es positivo y z_1 negativo, pero además:

$$|p_0 z_1| > |(P_i + P_d) z_0|.$$

Este sería el caso, si en la figura 1 el centro de gravedad estuviera por encima de O .

Como se ve, no es exacto que el centro de gravedad de la cruz de una balanza *debe* estar por debajo del eje de suspensión para que el equilibrio sea estable. Dicha condición se realiza generalmente, porque los esquemas usuales son los de las figuras 1 y 2; pero no es necesaria, ni tampoco suficiente (caso de la figura 2, en que la estabilidad impone además una condición a los valores de z_0 y z_1).

6. — La condición de estabilidad [6] puede enunciarse en la siguiente forma: *Si consideramos las masas de los platillos y sus cargas respectivas (pesos P_i y P_d) concentradas y fijas en los puntos A y B de la cruz, el centro de gravedad del sistema así obtenido (incluyendo la cruz) debe estar situado por debajo del eje de suspensión (en la posición de cero). En efecto, si z es la ordenada de dicho centro de gravedad (positiva hacia abajo) es:*

$$(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1 = (P_i + P_d + p_0) z;$$

y para que el primer miembro sea positivo es necesario y suficiente que lo sea z .

La condición que hemos enunciado debe cumplirse *para todas las cargas posibles de la balanza*, pues sólo en el 1º de los casos enumerados en el número anterior es independiente de la carga. Anticipemos que, por circunstancias que veremos más adelante, el caso más conveniente es el 2º (fig. 2); puede suceder entonces que la balanza sea estable para las pequeñas cargas, y no lo sea para las grandes. Lo contrario podría suceder en el caso 3º, que rara vez se realiza.

7. EXACTITUD. — Una operación de pesada consiste generalmente en lo siguiente. Se determina la posición de equilibrio de la balanza sin carga; luego se pone en el platillo *de la izquierda* el cuerpo que se quiere pesar, y se restablece la anterior posición de equilibrio mediante pesas taradas que se colocan en el platillo *de la derecha*. La balanza es exacta si el peso P_c del cuerpo es igual al peso P de las pesas necesarias para restablecer el equilibrio.

Sean ahora P_i y P_d los pesos de los platillos (sin carga) y sus correspondientes sistemas de suspensión; la posición de equilibrio de la balanza está dada por la fórmula [3]. Coloquemos el cuerpo P_c en el platillo de la izquierda, y equilibremos con pesas P colocadas a la derecha; la nueva posición de equilibrio se obtiene substituyendo en la [3] P_i y P_d por $(P_i + P_c)$ y $(P_d + P)$, respectivamente:

$$\text{tang } \alpha_0 = \frac{(P_d D_d - P_i D_i - p_0 d \text{ sen } \beta) + P D_d - P_c D_i}{[(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1] + (P + P_c) z_0} \quad [7]$$

Haciendo ahora:

$$P_d D_d - P_i D_i - p_0 d \text{ sen } \beta = K \text{ y } (P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1 = Q, \quad [7'']$$

e igualando las [3] y [7] se obtiene:

$$\text{tang } \alpha_0 = \frac{K}{Q} = \frac{K + (P D_d - P_c D_i)}{Q + (P + P_c) z_0} = \frac{P D_d - P_c D_i}{(P + P_c) z_0}$$

La última parte se obtiene recordando la conocida propiedad de las proporciones: suma o diferencia de antecedentes es a la suma o diferencia de los consecuentes como un antecedente es a su consecuente.

De la fórmula anterior se obtiene:

$$(P + P_c) z_0 \text{ tang } \alpha_0 = P D_d - P_c D_i ; \quad \frac{P_c}{P} = \frac{D_d - z_0 \text{ tang } \alpha_0}{D_i + z_0 \text{ tang } \alpha_0} \quad [8]$$

Esta fórmula expresa: *la relación de los pesos necesarios para restablecer una cierta posición de equilibrio depende de esta última (es decir, de α_0), a menos que sea $z_0 = 0$ (es decir, las cuchillas coplanares).*

Hemos dicho que la balanza es exacta si $P = P_c$. Para ello debe ser:

$$1 = \frac{D_i + z_0 \text{ tang } \alpha_0}{D_l - z_0 \text{ tang } \alpha_0} ; \quad D_d - D_i = 2 z_0 \text{ tang } \alpha_0$$

8.—Podría intentarse satisfacer esta condición eligiendo convenientemente el ángulo α_0 , es decir la posición de equi-

librio sin carga; pero hemos dicho que en general z_0 es del orden de los micrones y $\tan \alpha_0$ no puede ser mayor que 0,1; luego, para poder cumplir la condición de exactitud sería necesario que la diferencia de longitud de los brazos fuera del orden de los décimos de micrón, lo que es muy difícil de realizar. Además, un gran valor de α_0 (por ejemplo 4 a 5°) sería muy incómodo para realizar las pesadas.

Se prefiere entonces elegir $\alpha_0 = 0$, con lo cual la [8] queda:

$$\frac{P_c}{P} = \frac{D_d}{D_i} \quad [9]$$

y la condición de exactitud es:

$$D_i = D_d. \quad [10]$$

O sea: *una balanza utilizada en la posición de cero ($\alpha_0 = 0$) es exacta si sus brazos son de igual longitud.*

Ya hemos dicho que es imposible realizar esta condición con aproximación suficiente para que los errores de las pesadas sean despreciables; y por lo tanto: *ninguna balanza de precisión es exacta.* Hay que adoptar *métodos de pesada* destinados a corregir los errores de exactitud de la balanza. Para ello conviene desde ya observar que si el ángulo α_0 es siempre el mismo (aunque no sea exactamente nulo, condición que exigiría un gran cuidado en la instalación de la balanza), el segundo miembro de la [8] es una constante del instrumento, que se denomina la *relación de la longitud de los brazos* (en virtud de la 9):

$$\frac{P_c}{P} = \varphi \quad [11]; \quad \varphi = \frac{D_d - z_0 \tan \alpha_0}{D_i + z_0 \tan \alpha_0}. \quad [11']$$

Uno de los métodos de pesada consiste en determinar φ para poder calcular P_c , el peso del cuerpo, conociendo P , el peso de las pesas.

Más adelante nos ocuparemos de esta determinación.

9. SENSIBILIDAD. — Tengamos la balanza en equilibrio con cargas P_i y P_d (ahora comprendemos en ellas el peso de los platillos y sus cargas respectivas); el ángulo α_0 está dado por

la [3]. Agreguemos una pequeña sobrecarga p al platillo de la derecha; la nueva posición de equilibrio se obtiene reemplazando en la [3] P_d por $(P_d + p)$; pero en el denominador, p es despreciable con respecto a la suma $(P_i + P_d)$; luego queda:

$$\text{tang } \alpha_0' = \frac{(P_d D_d - P_i D_i - p_0 d \text{ sen } \beta) + p D_d}{(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1} \quad [12]$$

Se denomina sensibilidad de la balanza la variación de la tangente del ángulo de equilibrio producida por la unidad de sobrecarga:

$$\sigma = \frac{\Delta |\text{tang } \alpha_0|}{p} = \frac{|\text{tang } \alpha_0' - \text{tang } \alpha_0|}{p}.$$

Restando la fórmula [3] de la [12] se obtiene:

$$\Delta |\text{tang } \alpha_0| = \frac{p D_d}{(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1}.$$

Si hubiéramos sobrecargado el platillo de la izquierda obtendríamos un valor naturalmente negativo de $\Delta(\text{tang } \alpha_0)$; pero su valor absoluto sería muy aproximadamente igual al anterior, puesto que la diferencia entre las longitudes de los brazos es del orden de los cienmilésimos con relación a la longitud de los mismos. Luego, en la fórmula de la sensibilidad podemos considerar $D_d = D_i = D$, con lo cual obtenemos:

$$\sigma = \frac{\Delta |\text{tang } \alpha_0|}{p} = \frac{D}{(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1}. \quad [13]$$

10. — Para discutir las consecuencias de esta fórmula tengamos desde luego en cuenta que el denominador debe ser positivo para asegurar la estabilidad (fórmula 6); luego se obtendrá la máxima sensibilidad eligiéndolo tan pequeño como sea posible, no pudiendo ser nulo, porque en tal caso el equilibrio sería indiferente, y tampoco extremadamente pequeño, porque entonces las condiciones dinámicas de la balanza serían desfavorables, como veremos más adelante.

La generalidad de las balanzas poseen dispositivos especiales que permiten modificar z_1 , y con ello la sensibilidad. Estos dispositivos están constituidos por pequeñas piezas de la cruz que pueden desplazarse verticalmente (cursor en el fiel, o cabeza de tornillo en la parte superior de la cruz). Las variaciones de z_1 que pueden obtenerse con tales dispositivos son relativamente pequeñas; y para que su efecto sobre la sensibilidad sea apreciable, debe ser preponderante el término correspondiente en el denominador de la fórmula [13]. Siendo en general $(P_i + P_d)$ mucho mayor que p_o , la condición anterior exige que z_o sea pequeño con relación a z_1 . El signo del denominador es, en aquel caso, el del término $p_o z_1$; y debiendo ser positivo, tiene que serlo z_1 . Esta es la causa por la cual se tienen en general los esquemas de las figuras 1 y 2, y no el que correspondería al 3º de los casos enunciados en el Nº 5.

Ahora bien, z_o puede ser entonces nulo, positivo o negativo. En el primer caso, *las cuchillas son coplanares y la sensibilidad es independiente de la carga* (fórm. 13); en el segundo caso (fig. 1), la sensibilidad *disminuye* con la carga; en el tercero (fig. 2), la sensibilidad *aumenta* con carga creciente.

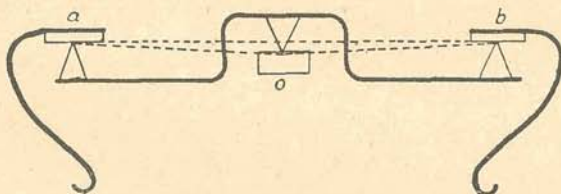


FIG. 4.

De estas tres posibilidades, la primera es prácticamente irrealizable; de las otras dos, la última es preferible, por varias causas. Desde luego, si la sensibilidad disminuyera fuertemente con la carga, podría suceder que eligiendo un valor conveniente para las pequeñas cargas (mediante la variación de z_1), no se tuviera la sensibilidad necesaria para las cargas mayores. Además, la flexión de la cruz cuando está fuertemente cargada, produce una variación positiva de z_o , por lo cual es ventajoso que éste sea originariamente negativo. (Por efecto de la flexión, z_o tenderá a anularse en el caso de la fi-

gura 2; en cambio, en el caso de la figura 1, aumenta). Finalmente, el pequeño desgaste de las cuchillas con el uso, actúa en igual sentido que la flexión, como se advierte fácilmente en la figura 4, que representa esquemáticamente la disposición de las cuchillas y de las suspensiones de los platillos.

De la fórmula [13] parece deducirse que para obtener una gran sensibilidad conviene que sea grande la longitud D de los brazos. Sin embargo, las balanzas de precisión son generalmente de brazos cortos (7 a 10 cm), y el criterio de los buenos constructores es adoptar la mínima longitud compatible con el diámetro necesario de los platillos. Al tratar las condiciones de rigidez y del estudio dinámico de la balanza, veremos la explicación de este hecho.

11. RIGIDEZ.—En el número anterior hemos discutido las condiciones de sensibilidad suponiendo que z_0 y z_1 son constantes. El segundo de estos valores (depresión del centro de gravedad de la cruz respecto a su eje de suspensión) puede ser afectado por grandes variaciones de la temperatura, que suponemos excluidas de nuestras consideraciones. Convendrá, por lo tanto, estudiar la balanza a temperatura aproximadamente constante.

El primero z_0 , puede ser afectado por la flexión de la cruz. Como ésta produce variaciones siempre positivas de z_0 , puede suceder que, creciendo la carga, z_0 pase de un valor originariamente negativo (fig. 2) a valores positivos (fig. 1). La sensibilidad aumenta entonces originariamente con la carga, llega a un máximo y decrece después para las grandes cargas. Este hecho pone en evidencia la flexión apreciable de la cruz.

Si z_0 es originariamente positivo, no se presenta el máximo de la sensibilidad en función de la carga, aun cuando flexione la cruz; pero esta flexión puede revelarse en la siguiente forma. De la fórmula [13] se deduce:

$$\frac{1}{\sigma} = \frac{p_0 z_1}{D} + \frac{z_0}{D} (P_i + P_d). \quad [14]$$

Si z_0 es prácticamente independiente de la carga, el segundo miembro de la ecuación se representa por una recta. Si en cambio, la flexión de la cruz es apreciable, la flecha de

flexión es proporcional a la carga y por lo tanto los aumentos de z_0 también lo son. Es decir:

$$z_0 = a_0 + b (P_i + P_d), \quad (a_0 \text{ y } b \text{ constantes}); \quad [15]$$

y por lo tanto:

$$\frac{1}{\sigma} = \frac{p_0 z_1}{D} + \frac{a_0}{D} (P_i + P_d) + \frac{b}{D} (P_i + P_d)^2; \quad [16]$$

y el segundo miembro de la fórmula se representa por una parábola. Como según dijimos b es siempre positivo (la flexión produce variaciones positivas de z_0 , fórmula 15), la parábola vuelve su concavidad hacia arriba.

En resumen, llegamos a la siguiente conclusión: *si la flexión de la cruz es despreciable, la inversa de la sensibilidad varía linealmente con la carga; en caso contrario su variación se representa por una parábola de eje vertical, cuya concavidad está vuelta hacia arriba (sentido positivo de $y = 1/\sigma$).*

12. FIDELIDAD. — La balanza no es fiel si, *mantenida a temperatura constante*, varía la posición de equilibrio en dos o más sucesivas determinaciones con las mismas cargas. Según la fórmula [3], ello indica que ha variado alguno de los valores de D_i , D_d , z_0 , z_1 , d , β . Variaciones de los pesos no son admisibles; además, si la balanza está bien ajustada (todas las piezas de la cruz bien fijas) no pueden producirse variaciones del centro de gravedad, a temperatura constante; es decir, no podemos atribuir la falta de fidelidad a variaciones de z_1 , d y β . Quedan, por lo tanto, solamente tres magnitudes a quienes poder atribuir la infidelidad: las longitudes de los dos brazos, D_i y D_d y la altura del eje de suspensión, z_0 , con respecto a las cuchillas extremas.

Estas variaciones son debidas a la falta de paralelismo de las cuchillas. Sea B (fig. 5) un punto de una cuchilla de los extremos; BY sea paralelo al eje de la cruz (cuchilla media) y dirigido hacia atrás; BZ , vertical y hacia abajo; BX , perpendicular a los dos anteriores y en el sentido de las D crecientes (hacia la derecha, en la cuchilla de la derecha; y hacia

la izquierda, en la de la izquierda). Si el punto de apoyo de la carga pasa de B a B' , el valor de z_0 varía en el segmento $B'B''$ (negativamente hacia arriba), y el valor de D_d varía en el segmento CB'' (positivamente en el sentido de BX).

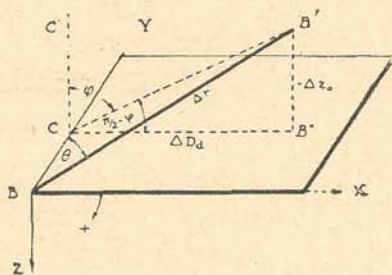


FIG. 5.

En resumen podemos decir: *la única condición estática de fidelidad de una balanza es que las cuchillas sean paralelas.*

13.—Para estudiar cuantitativamente los efectos de un error de paralelismo definiremos la dirección de cada una de las cuchillas extremas mediante dos ángulos:

$$\angle B'BY = \theta \quad \text{y} \quad \angle C'CB' = \varphi;$$

este último es el ángulo diedro que el plano YBB' forma con el plano vertical ($C'BY$) y paralelo a la cuchilla media (BY).

Sea $\Delta r = BB'$ el desplazamiento del punto de aplicación de la carga (positivamente hacia atrás). El plano $B'CB''$ es paralelo al XZ y, por lo tanto, perpendicular al eje BY ; luego, el triángulo $B'CB$ es rectángulo en C , y nos da:

$$\overline{B'C} = \Delta r \cdot \text{sen } \theta.$$

Por otra parte, en el triángulo $B'CB''$, que es rectángulo en B'' :

$$\Delta D_d = \overline{B'C} \cos \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right) = \overline{B'C} \cdot \text{sen } \varphi \quad ; \quad -\Delta z_0 = \overline{B'C} \cdot \cos \varphi$$

Substituyendo el valor anterior de $B'C$, se obtiene:

$$\Delta D = \Delta r \cdot \text{sen } \theta \cdot \text{sen } \varphi \quad [17] \quad ; \quad -\Delta z_0 = \Delta r \cdot \text{sen } \theta \cdot \cos \varphi. \quad [18]$$

Para que estas fórmulas sean correctas en signo es necesario indicar los sentidos positivos de los ángulos θ y φ . El ángulo θ es siempre agudo (pequeño) y positivo; el ángulo φ se mide a partir del semiplano vertical superior (es decir a partir de CC') positivamente en el sentido positivo de rotación en el plano XZ , que es el que conduce del eje X al eje Z con un ángulo de 90° ; este sentido positivo está indicado en la figura (en la cuchilla de la izquierda sería opuesto, porque el eje X está invertido).

No pudiendo realizarse exactamente la condición de paralelismo, el estudio de una balanza debe permitirnos decidir si la divergencia puede producir errores mayores que el peso mínimo apreciable con el aparato.

§ 2.—ESTUDIO DINAMICO.

14. RAPIDEZ (período de oscilación).—Dinámicamente la balanza es un péndulo físico de gravitación; pero no es rígido, porque los platillos giran alrededor de las cuchillas respectivas durante las oscilaciones del péndulo.

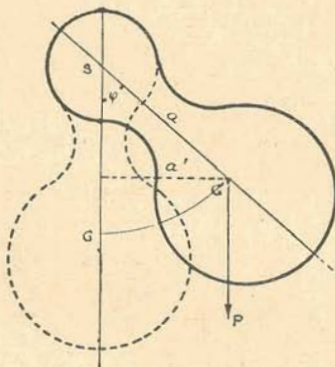


FIG. 6.

Un péndulo *rígido* de gravitación es un cuerpo que oscila alrededor de un eje de suspensión, que supondremos horizontal, bajo la acción de una cupla cuyo momento es proporcional al seno del ángulo de inclinación; el factor de proporcionalidad se llama *momento estático* de la cupla directriz y lo indicaremos con S (es en realidad el máximo del momento de la

cupla, que corresponde a la posición horizontal del plano meridiano del péndulo, que contiene al eje de suspensión y a su centro de gravedad). Se tiene en efecto (fig. 6), si M es el momento de la fuerza P con respecto al eje S :

$$M = P \cdot a' = - P \cdot a \operatorname{sen} \varphi;$$

$$[19] \quad M = - S \cdot \operatorname{sen} \varphi \quad , \quad S = P \cdot a = \text{const.} \quad [19']$$

(en la figura φ es negativo, y el momento M es positivo).

Por otra parte, la energía cinética del péndulo es proporcional al cuadrado de su velocidad angular, según la fórmula:

$$E_c = \frac{1}{2} I \omega^2. \quad [20]$$

El período de oscilación, para pequeñas amplitudes, es:

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{I}{P \cdot a}} = 2 \pi \sqrt{\frac{I}{S}}. \quad [21]$$

15. — Veamos ahora si podemos equiparar una balanza a un péndulo rígido; las condiciones necesarias y suficientes para ello son que se cumplan las fórmulas [19] y [20].

Sea α_0 una posición de equilibrio, que cumple por tanto la fórmula [2]; con las notaciones $7'$ y $7''$ es:

$$K \cos \alpha_0 - Q \operatorname{sen} \alpha_0 = 0. \quad [22]$$

Alejémosla de su posición de equilibrio un ángulo φ ; el momento de la cupla directriz está dado por la [1] en que $\alpha = \varphi + \alpha_0$:

$$\begin{aligned} M &= K \cos (\varphi + \alpha_0) - Q \operatorname{sen} (\varphi + \alpha_0) = \\ &= (K \cos \alpha_0 - Q \operatorname{sen} \alpha_0) \cos \varphi - (K \operatorname{sen} \alpha_0 + Q \cos \alpha_0) \operatorname{sen} \varphi; \end{aligned}$$

pero, en virtud de la anterior:

$$M = - (K \operatorname{sen} \alpha_0 + Q \cos \alpha_0) \operatorname{sen} \varphi. \quad [23]$$

Como todas las cantidades contenidas en el paréntesis son constantes, la fórmula anterior es análoga a la [19], y resulta, comparándolas:

$$S = K \operatorname{sen} \alpha_0 + Q \cos \alpha_0; \quad [24]$$

además, S es positivo en virtud de la condición de estabilidad (Nº 5, fórmula 5).

16. — Calculemos ahora la energía cinética de la balanza cuando gira con velocidad angular ω . Si I_0 es el momento de inercia de la cruz, su energía cinética es:

$$\frac{1}{2} I_0 \omega^2.$$

A esta debe agregarse la energía cinética de los platillos y sus cargas respectivas (comprendiendo los sistemas de suspensión), que se mueven con movimiento de *traslación* (se conservan paralelamente a sí mismos) y con velocidad (a menos de infinitésimos de 2º orden) igual a:

$$v = D\omega,$$

siendo D la longitud de los brazos, que para este cálculo podemos suponer iguales. Luego, la energía cinética de los platillos es:

$$\frac{1}{2} M v^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{P_i + P_d}{g} D^2 \right) \omega^2.$$

Finalmente, la energía cinética total de la balanza en movimiento es:

$$E_c = \frac{1}{2} \left[I_0 + \frac{P_i + P_d}{g} D^2 \right] \omega^2.$$

Esta fórmula es análoga a la [20], y comparándola resulta:

$$I = I_0 + \frac{P_i + P_d}{g} D^2. \quad [25]$$

17. — Los resultados de los números anteriores demuestran que la balanza puede efectivamente asimilarse dinámicamente con un péndulo rígido de gravitación, adoptando para S e I los valores [24] y [25]. Luego, el período de las oscilaciones puede calcularse (para pequeñas amplitudes) con la fórmula [21]. Pero, podemos introducir todavía una simplificación en el valor de S . En efecto, hemos demostrado (Nº 5, fórmula 5') que su primer término es siempre menor que la centésima parte del segundo; luego podemos despreciarlo, cometiendo en el cálculo del período un error menor que el medio por ciento. Además, el $\cos \alpha_0$ difiere de 1 en menos de medio por ciento (véase Nº 5, fórm. 4). Si tomamos el valor 1, el error será también despreciable, máxime cuando es de sentido opuesto al anterior. Queda así, finalmente (fórm. 24):

$$S = Q \quad , \quad S = (P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1. \quad [26]$$

Llevando, finalmente, las [25] y [26] a la fórmula [21] se obtiene:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + (P_i + P_d) D^2/g}{(P_i + P_d) z_0 + p_0 z_1}}. \quad [27]$$

Obsérvese que la fórmula [26] es exacta si las oscilaciones se efectúan a un lado y otro de la posición de cero, porque entonces $\sin \alpha_0 = 0$ y $\cos \alpha_0 = 1$, con lo cual la [24] se reduce directamente a la [26].

Elevando al cuadrado la [27] y dividiendo por la [13], se obtiene:

$$\frac{T^2}{\sigma} = 4 \left[\frac{\pi^2 I_0}{D} + \frac{\pi^2 (P_i + P_d) D}{g} \right]. \quad [28]$$

El segundo miembro se representa por una recta (en función de la carga); y este resultado es independiente de la flexión de la cruz, puesto que en la fórmula anterior no figura z_0 , que es el valor afectado por ella; ni de la posición de su centro de gravedad, porque no figura z_1 .

18. — Hemos visto que la sensibilidad de una balanza puede modificarse con dispositivos apropiados; pero de la fórmula

[28] resulta que para una cierta balanza y una cierta carga, el cuadrado del tiempo de oscilación varía proporcionalmente con la sensibilidad. Un valor excesivo de esta última representa, cuando no es necesaria, una inútil pérdida de tiempo al efectuar las pesadas.

Además, para comparar dos tipos de balanzas desde el punto de vista de la sensibilidad, no es posible adoptar como criterio el de los valores absolutos de sus sensibilidades respectivas, porque dentro de cada tipo éstas pueden modificarse voluntariamente entre límites relativamente distantes. La fórmula [28] nos da en cambio, el verdadero criterio respecto de la sensibilidad. Será preferible la balanza que a igualdad de sensibilidad presente (con iguales cargas) el menor período; o a la inversa, que a igualdad de período presente la mayor sensibilidad. Pero, en general, es incómodo modificar las sensibilidades o los períodos, a fin de igualarlos; más fácil es comparar los valores del cociente T^2/σ , para una misma carga; *desde el punto de vista de la sensibilidad es preferible, de dos balanzas, aquella que presenta el menor valor del cociente T^2/σ .*

Teniendo en cuenta la [25], la [28] puede también escribirse:

$$\frac{T^2}{\sigma} = 4 \pi^2 \frac{I}{D}. \quad [28']$$

Ahora bien, de los dos términos que figuran en la expresión de I , el segundo es preponderante, porque representa la energía cinética de los platillos con sus cargas, que pesan mucho más que la cruz, y cuya velocidad es en cada instante la de los extremos de ésta (véase N° 16); por tanto, I es aproximadamente proporcional a D^2 , con lo cual el segundo miembro de la [28'] es aproximadamente proporcional a D . Resulta así que, aún desde el punto de vista de la sensibilidad, conviene que la longitud de los brazos sea pequeña.

Al mismo resultado se llega con la fórmula [13], si se tienen en cuenta las condiciones necesarias de rigidez de la balanza. En efecto, supuestas dos cruces de diversas dimensiones (longitud), para que las condiciones de rigidez sean semejantes, será necesario que lo sean sus formas (desde el punto de vista geométrico) y que se utilicen iguales materiales en una y otra.

El peso p_0 de la cruz será entonces proporcional al cubo de la longitud; y como en el denominador de la [13] el término $p_0 z_1$ es el preponderante, según ya vimos (Nº 10), resulta dicho denominador aproximadamente proporcional a D^3 ; y por lo tanto, la sensibilidad σ aproximadamente proporcional a la inversa de D^2 . Es decir, conviene un pequeño valor de D .

Si también tenemos en cuenta las exigencias de rigidez al discutir la fórmula [28'], nos resultará que el primer término de I (fórm. 25), es decir I_0 , es aproximadamente proporcional a D^5 , y por lo tanto I varía más rápidamente que D^2 , es decir el cociente [28'] varía más rápidamente que D ; y por ello conviene, a mayor abundamiento, que D sea pequeño. Todo esto explica el criterio general de los buenos fabricantes, que antes hemos mencionado (Nº 10).

Sin embargo, no puede reducirse extremadamente el valor de D , porque ello conduciría desde luego a valores inadmisibles de la relación q (fórm. 11'), puesto que el mínimo de la diferencia $|D_i - D_d|$ está impuesto por las condiciones prácticas de realización. La balanza presentaría entonces un gran error de exactitud. Cuando se atiende especialmente a esta última condición, sin preocuparse del período de oscilación, se eligen en general brazos más largos.

19. AMORTIGUAMIENTO.—Debido a la resistencia del aire y al frotamiento de las cuchillas, las oscilaciones de la balanza son *amortiguadas*, es decir que su amplitud decrece paulatinamente. A este respecto, se construyen dos diferentes tipos de balanzas:

1º Las *aperiódicas* (balanzas de Curie), que tienen un dispositivo especial para obtener un fuerte amortiguamiento, con lo cual la balanza se aproxima asintóticamente a su posición de equilibrio y se detiene en ella, sin trasponerla, o después de una pequeña oscilación.

2º Las *periódicas*, que son las más comunes, en que las oscilaciones son débilmente amortiguadas.

Se comprende que en todo lo que precede, al tratar del período de oscilación de la balanza, nos hemos referido a estas últimas; lo mismo haremos en lo que sigue.

La resistencia del aire, actuando fundamentalmente sobre los platillos de la balanza, produce una cupla amortiguadora que puede considerarse proporcional a la velocidad de aquellos, es decir a la velocidad angular de la cruz. En tal caso, la teoría de las oscilaciones amortiguadas conduce al siguiente resultado: *las amplitudes de las oscilaciones sucesivas decrecen en proporción geométrica*. Es decir, si α_{n-1} y α_n son las amplitudes de las oscilaciones de número de orden $(n-1)$ y n respectivamente, debe ser:

$$\frac{\alpha_{n-1}}{\alpha_n} = \text{const} \quad ; \quad \text{o sea:} \quad \lg \alpha_{n-1} - \lg \alpha_n = \delta = \text{const.}$$

Esta constante, δ , se denomina el *decrecimiento logarítmico* de las oscilaciones. Si representamos los logaritmos de las amplitudes α_n en función del número de orden n debemos obtener puntos de una recta descendente:

$$\log \alpha_n = A_0 - \delta n, \quad [29]$$

donde A_0 es el logaritmo de la amplitud de orden «cero», y depende por lo tanto de la iniciación de la experiencia.

El frotamiento de las cuchillas origina una cupla amortiguadora constante (independiente de la velocidad), pero de sentido variable (siempre opuesta al movimiento). La teoría de las oscilaciones amortiguadas conduce en este caso al siguiente resultado: *las amplitudes de las oscilaciones sucesivas decrecen en progresión aritmética*. Es decir:

$$\alpha_{n-1} - \alpha_n = c = \text{const.} \quad [29']$$

En las balanzas comunes, aún en las del tipo periódico, la influencia del amortiguamiento por resistencia del aire es tan preponderante, que el efecto del frotamiento de las cuchillas es despreciable. Debe, pues, cumplirse la fórmula 29. En caso contrario el valor de δ aumentaría con el crecer de n , y se obtendría en cambio de la recta una curva con su concavidad vuelta hacia abajo, lo que indicaría que el frotamiento de los ejes alcanza valores inconvenientes. Ello es un indicio de que las cuchillas o los planos están mal pulidos, accidente muy raro en las buenas balanzas.

Finalmente, hagamos notar que el amortiguamiento de una balanza periódica es generalmente pequeño (conviene que sea lo menor posible), y por lo tanto no tiene influencia apreciable sobre el período de las oscilaciones, como se deduce de la teoría correspondiente (en el caso de amortiguamiento por frotamiento puro, el período sería independiente del mismo).

§ 3. — ENSAYO PRELIMINAR.

20. — El estudio experimental de una balanza se propone dos cuestiones diversas: la primera, decidir si la balanza es utilizable; la segunda, determinar sus constantes. La primera cuestión es el objeto del *ensayo preliminar*, que se realiza en el orden siguiente.

ESTABILIDAD. — Dejando en libertad la balanza, se observa si oscila a un lado y otro de la división media de la escala (que supondremos numerada de izquierda a derecha y de 0 a 20). Si no fuera así, habrá que revisar si hay cuerpos extraños sobre los platillos (polvo), o retirar el caballero si hubiera quedado sobre la cruz. Conviene también cerciorarse de que al poner en libertad la balanza los sistemas de suspensión de los platillos se colocan correctamente sobre las respectivas cuchillas; si no fuera así, hay que detener la balanza, colocar aquellas suspensiones en su posición correcta sobre el sistema de arresto, y repetir luego la observación. Si las suspensiones « caen » cada vez que se deja en libertad la cruz, ello significa que el sistema de arresto es defectuoso o está mal armado, y debe ser reparado.

Si la balanza no oscila libremente y « cae » a un lado u otro sin mediar ninguna de las causas precedentes, se ensayará a equilibrarla con el caballero, y eventualmente con una tara. Si ello no es posible, la balanza no es estable y necesita ser reparada (posiblemente las cuchillas extremas están muy altas). Previamente se intentará corregir la estabilidad modificando la posición del centro de gravedad de la cruz.

Todas las observaciones precedentes se repiten con la carga máxima de la balanza (pudiera suceder que la balanza fuera estable sin carga, pero que no lo fuera con la carga máxima, fórm. 6, si z_0 es negativo).

21. AMORTIGUAMIENTO. — Si la balanza es estable y puede oscilar a un lado y otro de la división media de la escala, se leen los « puntos de vuelta » sucesivos, apreciando hasta décimos de división y comenzando por una oscilación que comprenda casi la totalidad de la escala. Durante estas operaciones, y siempre que se trate de observar las oscilaciones de la balanza, hay que evitar los movimientos pendulares de los platillos, por cuya causa conviene no tomar en cuenta las dos o tres primeras oscilaciones. Además, hay que evitar los errores de paralaje al efectuar las lecturas, para lo cual es necesario colocarse de tal modo que la visual sea normal al plano de la escala. Finalmente, el auxilio de una lente de 2 a 4 dioptrías y 4 cm de diámetro colocada en el interior de la caja frente a la escala, es conveniente.

Con las lecturas obtenidas se calculan las amplitudes sucesivas α_n y con éstas los decrecimientos:

$$\Delta = \alpha_{n-1} - \alpha_n.$$

Pueden presentarse varias anomalías.

a) Se presenta en la serie de decrecimientos un « salto ». Hay que verificar entonces si el salto se repite para la misma amplitud (en otro ensayo) o si por el contrario puede atribuirse a un error de observación. En el primer caso, *puede afirmarse el mal estado de las cuchillas*, y muy probablemente la existencia de una faceta en la cuchilla central, que acaso pueda ser observada con lupa.

b) Los decrecimientos varían alternadamente, disminuyendo y aumentando de uno al siguiente. En este caso se modifica la posición de equilibrio, lo que puede atribuirse a desigualdades de temperatura entre uno y otro brazo (radiación solar, lamparilla utilizada para iluminar la escala, hornillos u otros aparatos de calefacción próximos, etc.), o sino a balanceos de alguno de los órganos fijos a la cruz (los tornillos para modificar la posición de equilibrio sin carga o el centro de gravedad de la cruz).

c) Finalmente, el decrecimiento puede ser demasiado grande y entonces conviene pensar en su posible disminución. Si la relación α_{n-1}/α_n es mayor que 1,1 el decrecimiento tiene

valores inconvenientes. Se ensaya entonces retirando los platillos y suspendiendo pesos equivalentes, con lo cual la resistencia del aire se elimina casi por completo. Si aquella relación no disminuye entonces sensiblemente (1,02 a 1,03), es indicio de que las cuchillas o los planos de apoyo de la balanza están en mal estado. Retirándolos podrán ser observados a la lupa, y se verán en las cuchillas desgastes o pequeñas roturas, y en los planos de apoyo manchas mates (despulidas) o fisuras.

La tabla siguiente contiene los resultados de las observaciones de amortiguamiento con una balanza de las que se usan habitualmente en los laboratorios de física y de química.

BALANZA DE SARTORIUS Nº 14409

lect.	3,7	15,8	4,2	15,2	4,7	14,7	5,2	14,2	5,8	13,7	6,3	13,2	6,7	12,8	7,1	12,5	7,4	12,1	7,7	11,9	7,9
α_n	12,1	11,6	11,0	10,5	10,0	9,5	9,9	8,4	7,9	7,4	6,9	6,5	6,1	5,7	5,4	5,1	4,7	4,4	4,2	4,0	
$\alpha_{n-1} - \alpha_n = \Delta$	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2		

NOTA. — No se presenta ninguna anomalía. La razón α_{n-1}/α_n es siempre menor que 1,1, lo cual se comprueba fácilmente observando que cada Δ es menor que la décima parte de las amplitudes respectivas. El mayor valor de aquella relación es: $5,1/4,7 = 1,08$.

Para decidir aún si el frotamiento de las cuchillas es despreciable representamos los logaritmos de α_n en función de n (fig. 7). Los puntos obtenidos están aproximadamente alineados, lo que significa que aquel frotamiento es despreciable (fórm. 29). El decrecimiento logarítmico, definido por la fórmula [29] es:

$$\delta = 0,0263.$$

22. POSICIÓN DE EQUILIBRIO SIN CARGA. — Las siguientes experiencias exigen determinar la posición de equilibrio de la balanza. En una balanza periódica, no es posible hacerlo esperando que se detenga, porque ello exigiría un tiempo excesivo y además los resultados serían mediocres. En efecto, para

muy pequeñas oscilaciones, el amortiguamiento por resistencia del aire es sumamente pequeño, sobre todo cuando la sensibilidad, y por lo tanto el período, son muy grandes (el movimiento de la balanza es extremadamente lento). En tales

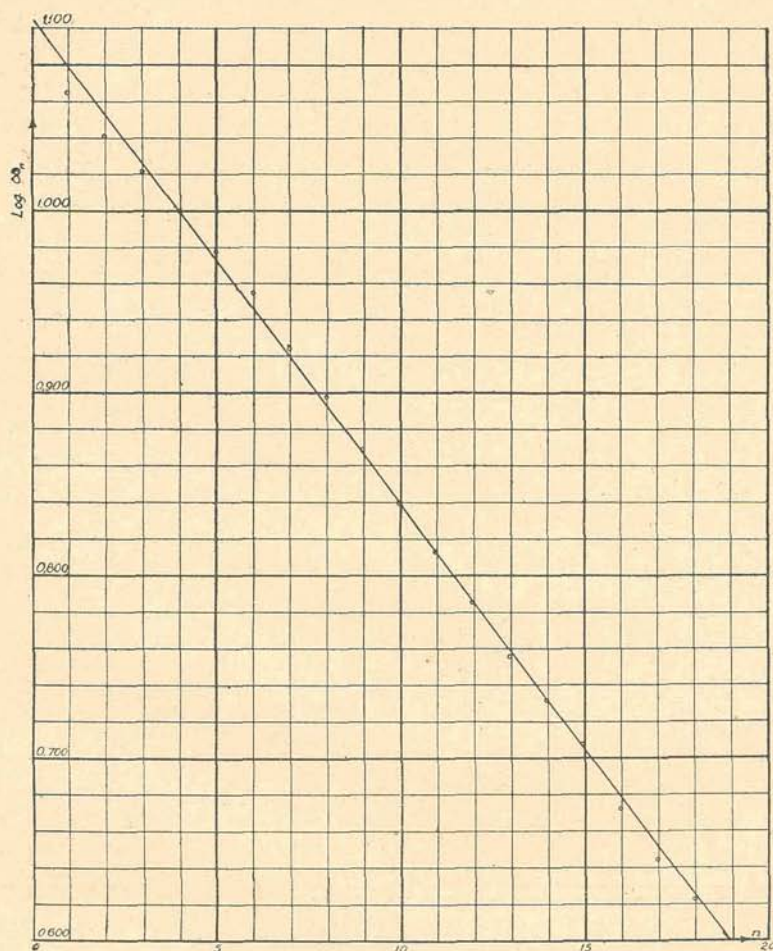


FIG. 7.

condiciones es siempre apreciable, y aún predominante, el frotamiento de las cuchillas. Ahora bien, en la teoría de las oscilaciones amortiguadas por una fuerza constante (frotamiento) se demuestra que las oscilaciones pueden detenerse en

una posición próxima a la de equilibrio, pero no coincidente con ésta ⁽¹⁾.

Es por lo tanto necesario determinar la posición de equilibrio por las oscilaciones de la balanza. Podríamos hacerlo, leyendo dos puntos sucesivos de vuelta, a un lado y otro; pero entonces no tendríamos en cuenta el amortiguamiento, y los resultados obtenidos serían erróneos, pues estarían desplazados en $\Delta/4$ hacia el lado de la primera de las lecturas consideradas.

Ejemplo.— Con las dos primeras lecturas anotadas en el cuadro anterior obtendríamos: $l_0 = 9,75$. En cambio, con la segunda y tercera obtendríamos: $l_0 = 10,00$. La diferencia 0,25 es igual a $\Delta/2$.

Siendo el amortiguamiento pequeño y considerando un pequeño número de oscilaciones, puede admitirse que sus amplitudes varían en progresión aritmética. Tomaremos entonces un número *impar* de lecturas (tres o cinco, generalmente) y efectuaremos los promedios de todas las de un lado y todas las del otro; la posición de equilibrio es el promedio de los dos anteriores.

Ejemplo.— Considerando las cinco primeras lecturas del cuadro anterior se tendría el siguiente esquema:

$$\begin{array}{ccccc} 3,7 & 4,2 & 4,7 & \left\| \begin{array}{c} 4,2 \\ 15,5 \end{array} \right\} & l = 9,85 = \text{posición de equilibrio} \\ 15,8 & 15,2 & & & \end{array}$$

Tomando de a tres lecturas sucesivas obtenemos:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc} \text{lect.:} & 3,7 & 15,8 & 4,2 & 15,2 & \dots & 5,8 & 13,7 & 6,3 & 7,1 & 12,5 & 7,4 & 7,7 & 11,9 & 7,9 \\ & \underbrace{\hspace{1.5cm}} & & & & & \underbrace{\hspace{1.5cm}} & & & \underbrace{\hspace{1.5cm}} & & & \underbrace{\hspace{1.5cm}} & & \\ \text{posic.} & & & & & & & & & & & & & & \\ \text{de eq.} & & & & 9,85 & & & 9,87 & & & 9,87 & & & 9,85 & \end{array}$$

Los valores obtenidos son muy satisfactoriamente constantes.

(1) Por esta misma causa no es posible llegar a sensibilidades tan grandes como se desee, según resultaría de la fórmula [13], porque el denominador de la misma es (fórmula [23]) el momento estático de la cupla directriz. Cuando éste llega a ser muy pequeño, la balanza parece estar en equilibrio indiferente, aún cuando dicho denominador sea diferente de cero y positivo. El límite máximo de la sensibilidad está, pues, determinado por el mínimo del momento estático S ; y este es a su vez proporcional al momento de la cupla de frotamiento de las cuchillas. De aquí proviene la necesidad de disminuir el frotamiento de las cuchillas al menor valor posible, condición que no aparece en nuestra fórmula.

23. FIDELIDAD. — Dijimos que la condición estática de fidelidad es el paralelismo de las cuchillas. En el ensayo preliminar no se trata de determinar los errores de paralelismo, sino simplemente de decidir si ellos pueden afectar los resultados de las pesadas.

Para ello se procede en la siguiente forma: Se determina la posición de equilibrio sin carga, y se repite la determinación después de haber detenido y puesto nuevamente en libertad a la cruz. Luego se colocan pesas aproximadamente iguales a la carga máxima en el *centro* de los platillos ⁽¹⁾, y se determina nuevamente la posición de equilibrio. Las siguientes determinaciones de la posición de equilibrio se efectúan después de haber desplazado las pesas hacia el borde de los platillos (una cada vez) en el siguiente orden: pesa de la derecha hacia atrás; ídem hacia la izquierda; ambas en el centro; pesa de la izquierda hacia adelante; ídem hacia la derecha; ambas en el centro. Finalmente, se vuelve a determinar la posición de equilibrio sin carga.

Si la balanza es fiel, las posiciones de equilibrio determinadas sin carga deben ser iguales, a menos de diferencias que representen pesos menores que la sensibilidad del aparato. (pueden llegar a 0,2 de división). Lo mismo debe suceder con todas las posiciones de equilibrio determinadas con las mismas cargas. En tal caso, puede afirmarse que los errores de fidelidad no afectarán los resultados de las pesadas; pero no puede afirmarse que se ha realizado el paralelismo de las cuchillas tan aproximadamente como sea posible, porque debido a las suspensiones cardánicas de los platillos, el método anterior es poco sensible para revelar los errores de paralelismo.

La infidelidad de la balanza puede provenir también de defectos en el sistema de arresto, en virtud de los cuales la cruz y los planos de apoyo no sean repuestos todas las veces en las mismas posiciones. En tal caso, las diversas posiciones de equilibrio determinadas, aún *sin mover las cargas en los platillos*, no serán iguales, indicio seguro de que el sistema de arresto está en mal estado. Este dispositivo, al cual no se presta habitualmente la debida atención, es sumamente importante para el buen funcionamiento de la balanza.

(1) Debe detenerse la balanza antes de efectuar cualquiera operación en ella.

En el cuadro siguiente están anotados los resultados obtenidos en un ensayo de la fidelidad, y puede servir para seguir el orden de las determinaciones.

POSICIÓN DE EQUILIBRIO

Sin carga, I	9,74
Sin carga, II	9,73
Ambos pesos en el centro	9,85
Peso de la derecha hacia atrás	9,93
Peso de la derecha hacia la izquierda .	9,94
Ambos pesos en el centro	9,93
Peso de la izquierda hacia adelante . .	9,96
Peso de la izquierda hacia la derecha .	9,98
Ambos pesos en el centro	9,90
Sin carga, III	9,70

Las posiciones de equilibrio sin carga sólo difieren entre sí en 0,04, lo que significa que el sistema de arresto está en buenas condiciones. Las posiciones de equilibrio con carga presentan diferencias hasta 0,13 que tampoco deben ser tenidas en cuenta porque según veremos más adelante corresponden a un error de pesada menor que dos décimos de miligramo (en la balanza que se ensayaba).

24. EXACTITUD. — Conviene efectuar una prueba rápida de la exactitud de la balanza. Para ello se utilizan los resultados del ensayo anterior. Permutando entre sí los pesos (es decir, colocando en el platillo de la derecha el que estaba a la izquierda, y recíprocamente), se restablece la posición de equilibrio mediante el caballero o eventualmente con pequeños pesos, y se anota la sobrecarga p que ha sido para ello necesaria, y el peso P de cada una de las cargas utilizadas. El cociente p/P debe ser del orden 10^{-5} (cien milésimos) o menor. Si es de orden mayor, la diferencia de longitud de los brazos llega a valores inadmisibles, y conviene reparar la balanza (aunque se puedan obtener con ella pesos exactos, con los métodos que más adelante mencionaremos).

25. SENSIBILIDAD. — Una balanza que satisface todas las condiciones anteriores es en general utilizable. Sin embargo,

conviene formarse un juicio aproximado de sus condiciones estáticas y dinámicas antes de iniciar la determinación de las constantes. Para ello se determina, en el ensayo preliminar, la sensibilidad y el tiempo de oscilación.

Se efectuarán dos determinaciones de la sensibilidad, una sin carga y otra con la carga máxima.

Para efectuarlas procedemos en la siguiente forma: estando la posición de equilibrio aproximadamente en el medio de la escala (sin carga o con ella) agregamos una pequeña sobrecarga conocida al platillo de la derecha (puede utilizarse para ello el caballero), y determinamos la nueva posición de equilibrio. Luego pasamos la sobrecarga al platillo de la izquierda, y volvemos a determinar la posición de equilibrio. Sea p' la sobrecarga utilizada (generalmente del orden de los miligramos); $\Delta l_0 = |l_0' - l_0|$, la diferencia entre las dos posiciones de equilibrio determinadas, expresada en divisiones de la escala. La sensibilidad, *expresada convencionalmente en divisiones de la escala por miligramo*, es:

$$s = \frac{\Delta l_0}{2 p'} . \quad [30]$$

La variación de sensibilidad entre una y otra determinación (sin carga y con la carga máxima) no debe ser mayor que la quinta parte (20 %) de s . Si aumenta por encima de este límite, con el crecer de la carga, las cuchillas de los extremos están demasiado «altas»; si disminuye, están demasiado «bajas». Conviene un débil aumento de la sensibilidad con la carga, previendo el desgaste de las cuchillas (Nº 10).

El cuadro siguiente muestra un ejemplo de tales determinaciones.

BALANZA SARTORIUS, Nº 14409

(Determinaciones de sensibilidad con $p' = 2,5$ mgr.)

Sin carga				$P = 200$ gr.			
p' a la derecha		p' a la izquierda		p' a la derecha		p' a la izquierda	
lecturas	l_0	lecturas	l_0'	lecturas	l_0	lecturas	l_0'
10,4		18,3		3,0		7,8	
3,5	6,90	7,8	12,97	13,0	8,05	16	11,95
10,2		18,0		3,2		8,0	
$\Delta l_0 = 12,97 - 6,90 = 6,07 : s = \frac{6,07}{5} = 1,21$				$\Delta l_0 = 11,95 - 8,05 = 3,90 : s = \frac{3,90}{5} = 0,78$			

La diferencia entre los valores de s es: $1,21 - 0,78 = 0,43$, y es mayor que la *tercera* parte de s . Luego, se observa un decrecimiento excesivo de la sensibilidad con la carga, y conviene reparar la balanza, teniendo en cuenta que el desgaste de las cuchillas empeorará sus condiciones.

Podemos ahora decidir a qué error de pesada corresponde el error máximo de fidelidad antes observado (Nº 23) que fué de 0,13 divisiones con la carga máxima ($P = 200$ gr). Como 1 mgr produce un desplazamiento $s = 0,78$ div. resulta que para un desplazamiento $\Delta l_0 = 0,13$ corresponde un error de pesada: $0,13/0,78 = 0,17$ miligramos. Tratándose de una balanza al décimo de miligramo este error es excusable, porque las condiciones de las pesadas (posiciones de las cargas en los platillos) no serán nunca tan extremas como en nuestras experiencias para decidir de la fidelidad de la balanza.

26. PERÍODO DE OSCILACIÓN.— En general se determina la duración de una oscilación simple (media oscilación) contando de 10 a 20 de las mismas. Se obtiene así $t = T/2$. La determinación puede hacerse con un simple cronógrafo en una cualquiera de las operaciones anteriores, y conviene repetirla (sin carga y con la carga máxima). Se calcula finalmente para cada caso el cociente t^2/s , utilizando las determinaciones anteriores. El valor de este cociente varía fuertemente con la carga y puede ser hasta el triple con carga máxima que sin ella. En las balanzas comunes de laboratorio (carga máxima hasta 200 gr) puede ser $t^2/s = 30$ a 50 (sin carga) y alcanzar hasta 180 ó 150 con la carga máxima (t en segundos; s en div. de la escala por mgr). Si excede considerablemente de estos valores, la balanza es excesivamente lenta, defecto que no puede ser corregido. Esta determinación sólo tiene por lo tanto razón de ser cuando se trata de elegir entre diferentes tipos de balanzas.

Ejemplo.— En la balanza antes mencionada se observó:

sin carga: ($s = 1,21$): $t = 7,15$ seg. $t^2/s = 42$,

con carga: ($s = 0,78$): $t = 8,60$ seg. $t^2/s = 97$.

El período de oscilación de la balanza es aceptable; pero no particularmente bueno, especialmente sin carga.

Los valores del cociente t^2/s varían en general más rápidamente que la carga máxima.

§ 4. — DETERMINACION DE LAS CONSTANTES.

27. — Terminado el ensayo preliminar, después de haber sido reparada la balanza, si hubiera sido necesario, se trata de determinar las siguientes *constantes*:

p_i y p_a = pesos de los platillos;

p_o = peso de la cruz;

D = longitud de los brazos;

q = relación de las longitudes de los brazos;

l = longitud del fiel;

z_1 = altura del eje de suspensión con respecto al centro de gravedad de la cruz;

z_o = ídem ídem, con respecto al plano de las cuchillas extremas;

a_o y b = constantes de flexión de la cruz (fórm. 15), si z_o no es constante.

θ y φ = errores de paralelismo de las cuchillas;

λ = longitud de una división de la escala.

28. — Los pesos p_o , p_i y p_a se determinan directamente en otra balanza. Conviene tener presente que los dos últimos incluyen los pesos de los *correspondientes* sistemas de suspensión (no pueden en general permutarse).

Las longitudes de los brazos y del fiel (D y l) se miden directamente con una regla milimétrica; para obtener D es preferible medir la longitud total de la cruz (entre las cuchillas extremas) y tomar su mitad.

Para obtener λ se mide con un compás de puntas secas la longitud total de la escala a la altura del extremo del fiel (si sus divisiones no son paralelas) y se divide por el número total de intervalos.

Los datos así obtenidos sirven para comparar la balanza estudiada con los tipos normales, dentro de su categoría. Estos tipos normales son:

Carga máxima	Tipo	D (cm)	p_0
50 kgr.	Cruz semi-larga	35	4 a 6 kgr.
	Cruz corta	25	3 a 4 kgr.
1 a 2 kgr.	Cruz semi-larga	12	250 a 350 gr.
	Cruz corta	10	200 a 250 gr.
200 gr. (para análisis)	Cruz semi-larga	9 a 10 cm.	80 a 129 gr.
	Cruz corta	6 a 8 cm.	50 a 100 gr.
10 gr. (para ensayos)	Cruz larga	7,5 cm.	18 a 20 gr.
	Cruz semi-larga	5 a 6 cm.	12 gr.
	Cruz corta	5 cm.	10 gr.

Los valores de p_0 para cada tipo corresponden al caso de *cruz llena*; en caso contrario pueden reducirse a la mitad.

Ejemplo. — Balanza Sartorius 14409 (para análisis).

$$p_0 = 94,815 \text{ gr.} \quad ; \quad p_i = 53,163 \text{ gr.} \quad ; \quad p_d = 54,534 \text{ gr.}$$

$$D = 7,0 \text{ cm.} \quad ; \quad l = 25,3 \text{ cm.} \quad ; \quad \lambda = 0,103 \text{ cm.}$$

Siendo una balanza de cruz corta armada, el peso de ésta es excesivo. A su tipo le corresponde un peso $p_0 < 50 \text{ gr.}$

29. RELACIÓN DE LAS LONGITUDES DE LOS BRAZOS, ρ . — La relación de las longitudes de los brazos se determina con el método de Gauss.

Si un cuerpo de peso P_c se coloca en el platillo de la *izquierda*, se necesitarán pesas P para equilibrarlo, y será (fórm. 11):

$$P_c = \rho P. \quad [31]$$

Si luego se coloca el peso P_c a la derecha, se necesitarán para equilibrarlo pesas P' , colocadas en el platillo de la *izquierda* y por lo tanto:

$$P' = \rho P_c. \quad [31']$$

Multiplicando las dos anteriores y reduciendo, se obtiene:

$$P' = \varphi^2 P \quad \varphi = \sqrt{\frac{P'}{P}}.$$

En general, la diferencia $P' - P = \pm \varepsilon$ es muy pequeña con respecto a cada uno de ellos; luego poniendo en la anterior $P' = P \pm \varepsilon$ resulta:

$$\varphi = \sqrt{\frac{P \pm \varepsilon}{P}} = \sqrt{1 \pm \frac{\varepsilon}{P}} = 1 \pm \frac{\varepsilon}{2P},$$

porque en efecto, el cuadrado de esta última expresión es:

$$\begin{aligned} \varphi^2 &= \left(1 \pm \frac{\varepsilon}{2P}\right)^2 = 1 \pm \frac{\varepsilon}{P} + \left(\frac{\varepsilon}{2P}\right)^2 = \\ &= \frac{P \pm \varepsilon}{P} + \left(\frac{\varepsilon}{2P}\right)^2 = \frac{P'}{P} + \left(\frac{\varepsilon}{2P}\right)^2, \end{aligned}$$

y el último término es despreciable por la pequeñez de ε/P . En resumen:

$$\varphi = 1 \pm \frac{\varepsilon}{2P}. \quad [32]$$

donde corresponde el signo positivo si $P < P'$.

30. — Las operaciones pueden servir para calcular el peso exacto P_e , y en esto consiste el método de *doble pesada* de Gauss. En efecto, substituyendo en la [31] el valor [32] se obtiene:

$$\begin{aligned} P_e &= P \left(1 \pm \frac{\varepsilon}{2P}\right) = P \pm \frac{\varepsilon}{2} = P + \frac{P' - P}{2} = \frac{P + P'}{2}; \\ P_e &= \frac{P + P'}{2}; \end{aligned} \quad [33]$$

que nos dice: *el peso exacto es el promedio de los resultados de las dos pesadas.*

Para operaciones de menor precisión se determina una vez por todas la relación ρ ; luego se pesa un cuerpo colocándolo en el platillo de la izquierda (pesas P a la derecha) y se calcula P_c directamente con la fórmula [31]. Este método es menos preciso, porque el valor de ρ no es rigurosamente constante a causa de las oscilaciones de temperatura de la cruz de la balanza.

31. — Por la misma causa es necesario disponer simétricamente las operaciones cuando se trata de determinar ρ , procediendo en el orden siguiente (los valores anotados corresponden a la balanza antes mencionada, después de haber sido reparada para corregir la altura de las cuchillas extremas):

Posición de equilibrio, sin carga		
ga	10,03	
P (con el cuerpo a la izquierda) ...	100,0001 gr	
P' (con el cuerpo a la derecha)		99,9999 gr
P' (con el cuerpo nuevamente a la derecha)		99,9999 »
P (con el cuerpo a la izquierda) ...	100,0001 »	
Posición de equilibrio, sin carga		
ga	10,03	
$P = 100,0001 \text{ gr}; \quad P' = 99,999 \text{ gr}$		

$$\rho = 1 - \frac{0,0002}{200} = 0,999999$$

El valor obtenido es excepcionalmente bueno para una balanza de análisis, pues difiere de 1 en solo un millonésimo.

Como hemos operado con $\tan \alpha_0 = 0$, la diferencia con la unidad se debe exclusivamente a la diferencia de longitud de los brazos (fórm. 11'; siendo además $e < 1$ es $D_d < D$); pero la diferencia es sólo de un millonésimo de cada uno de ellos:

$$D_i - D_d = D(1 - \sigma) = 7 \times 10^{-6} \text{ cm} = 0,07 \mu (\text{micrones})$$

Se advierte con qué aproximación habría que realizar la igualdad de las longitudes de los brazos para eliminar el error de exactitud. Además, siendo el coeficiente de dilatación de los metales del orden 10^{-5} , resulta que una diferencia de temperatura media de $0^{\circ},1$ entre los dos brazos de la cruz sería suficiente para producir un error de exactitud igual al observado.

32. SENSIBILIDAD Y PERÍODO DE OSCILACIÓN. — Las siguientes operaciones requieren un manejo muy cuidadoso de la balanza durante las mismas, para que los resultados sean satisfactorios.

Se trata de determinar la sensibilidad y el período de oscilación en función de la carga P . Estas determinaciones se harán con cargas crecientes desde cero hasta la carga máxima, aumentando de décimo en décimo de esta última, o espaciándolas más si los resultados fueran muy regulares.

Se procederá en la siguiente forma: Se colocan pesas iguales en el centro de los platillos y se las equilibra eventualmente con taras (alambre muy fino). Luego, se coloca una sobrecarga p_1' a la derecha (con el caballero); se hace oscilar la balanza y se determina la posición de equilibrio, con cinco lecturas. Se evitarán cuidadosamente los movimientos pendulares de los platillos, los movimientos del aire en el interior de la caja, y las inhomogeneidades de la temperatura.

Luego *sin detener la balanza* (si se trata de una de análisis) se levanta el caballero y se lo pasa a la posición aproximadamente simétrica de la anterior con respecto al medio de la reglita, lo que representa una sobrecarga p_2' . Esta operación es muy delicada, y debe ser efectuada sin tocar la cruz con el dispositivo empleado para colocar el caballero. Como la balanza continúa oscilando, se determina la nueva posición de equilibrio.

Finalmente, se mide la duración t de una oscilación simple, contando hasta veinte y sin haber detenido previamente la balanza. Si las amplitudes hubieran decrecido demasiado, será suficiente levantar oportunamente el caballero para que aumenten hasta el valor necesario.

La sensibilidad se calcula con la fórmula [30] en que $2p' = p_1' + p_2'$; éstas se expresan generalmente en miligramos.

33. — La sensibilidad así definida no es la misma que figura en la fórmula [13]. Para pasar de una a otra, tengamos en cuenta que:

$$\lambda \cdot \Delta l_0 = l \cdot \Delta | \tan \alpha_0 | \quad \text{y} \quad p = \frac{2 p'}{1000} \text{ (gramos).}$$

Además, si P es la carga, se tiene:

$$P_i = p_i + P, P_d = p_d + P, P_i + P_d = p_i + p_d + 2P; \text{ y } T = 2t.$$

De las dos primeras se obtiene:

$$\frac{p}{\Delta |\tan \alpha_0|} = \frac{l}{1000 \lambda} \frac{2p'}{\Delta l_0}, \text{ o sea: } \frac{1}{\sigma} = \frac{l}{1000 \lambda} \frac{1}{s}.$$

Tenemos que llevar $1/\sigma$ y $P_i + P_d$ a las fórmulas [16] y [28], y queda:

$$\frac{1}{s} = \frac{1000 \lambda}{lD} [p_0 z_1 + (p_i + p_d) z_0] + \frac{2 \cdot 1000 \lambda z_0}{lD} P \quad [34]$$

$$\frac{t^2}{s} = \frac{1000 \lambda \pi^2}{t} \left[\frac{I_0}{D} + \frac{p_i + p_d}{g} D \right] + \frac{2 \cdot 1000 \lambda \pi^2 D}{gl} P. \quad [35]$$

Para esta última fórmula debemos tener en cuenta que hemos utilizado como unidades fundamentales el centímetro, el segundo, y el *gramo peso*; la unidad de masa es pues la de un cuerpo que bajo la fuerza de 1 gr adquiere la aceleración de 1 c/s², o sea equivale a 980,6 gramos masa. Con respecto a esta unidad quedará expresado el momento de inercia I_0 ; luego, para expresarlo en sistema C. G. S. hay que multiplicarlo por 980,6

$$I_0 \times 980,6 = I_0' \text{ (C.G.S.)}. \quad [35']$$

Las fórmulas [34] y [35] se representan por rectas (si $z_0 = \text{const}$):

$$\frac{1}{s} = C_1 + C_2 P;$$

$$C_1 = \frac{1000 \lambda}{lD} [p_0 z_1 + (p_i + p_d) z_0], \quad C_2 = \frac{2 \cdot 1000 \lambda z_0}{lD}$$

$$\frac{t^2}{s} = K_1 + K_2 P;$$

$$K_1 = \frac{1000 \lambda \pi^2}{l} \left[\frac{I_0}{D} + \frac{p_i + p_d}{g} D \right]; \quad K_2 = \frac{2 \cdot 1000 \lambda \pi^2 D}{gl}$$

Trazadas estas rectas, o calculadas por el método de los cuadrados mínimos (véase, apéndice) obtenemos las constantes C_1 , C_2 , K_1 y K_2 . Con C_2 , calculamos z_0 ; luego con C_1 , calculamos z_1 . Con K_1 calculamos I_0 ; finalmente en la expresión de K_2 todos los valores son conocidos, y nos puede servir por lo tanto como control de las experiencias.

Ejemplo.—La siguiente tabla contiene los valores obtenidos con la balanza antes mencionada, después que hubo sido reparada.

BALANZA SARTORIUS, N° 14409. Temp.: 12°

P	s	t	1/s	t ² /s	P	s	t	1/s	t ² /s
0	1,450	7,90	0,689	43,04	80	1,520	11,40	0,658	85,5
20	1,467	8,87	0,682	53,63	100	1,543	12,45	0,648	100,4
40	1,478	9,86	0,676	65,78	120	1,541	13,16	0,649	112,5
60	1,510	10,66	0,662	75,26	150	1,550	14,10	0,645	129,1

En el gráfico siguiente (fig. 8) han sido representados los valores de las cuatro columnas, en función de la carga. Las rectas que representan los valores de $1/s$ y t^2/s han sido dibujadas de acuerdo con el cálculo de las constantes hecho previamente por el método de los cuadrados mínimos. Se obtuvo:

$$\frac{1}{s} = 0,6861 - 0,000315 P \quad ; \quad \frac{t^2}{s} = 42,04 + 0,577 P$$

$$C_1 = 0,6861 \quad ; \quad C_2 = -0,000315 \quad ; \quad K_1 = 42,04 \quad , \quad K_2 = 0,577$$

Con el valor de C_2 se obtiene:

$$z_0 = -0,000279 \text{ cm} = -2,79 \text{ micrones}$$

Con el valor de C_1 se obtiene:

$$z_1 = 0,0128 \text{ cm} = 0,128 \text{ milímetros}$$

y con K_1 se obtiene:

$$I_0 = 1,953 \quad , \quad I_0' = 1915 \text{ (C G S.)}$$

Finalmente, el valor K_2 calculado con la fórmula correspondiente es 0,574, que sólo difiere del obtenido experimentalmente en $\frac{1}{2}$ por ciento.

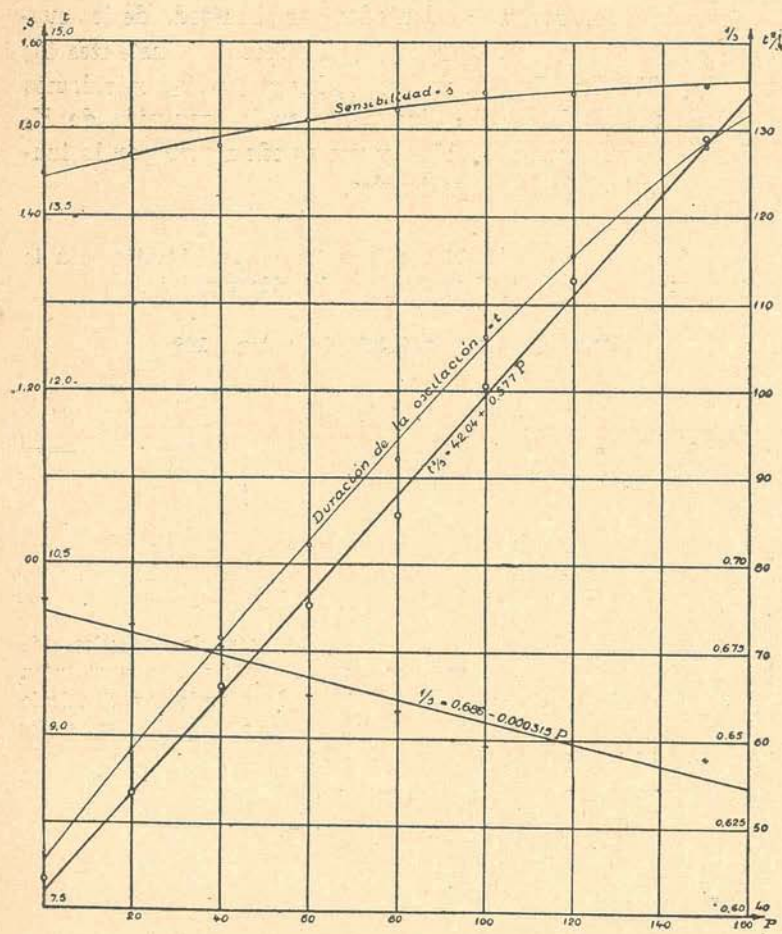


FIG. 8.

34.— Hemos dicho que la balanza anterior había sido reparada antes de efectuar las determinaciones, y se procuró llevar las cuchillas tan aproximadamente como fuera posible a un mismo plano. De allí la constancia de la sensibilidad, debida al pequeñísimo valor de z_0 . Es por lo tanto instructivo comparar los resultados anteriores con las determinaciones que se habían efectuado antes de las reparaciones, y que están representadas gráficamente en las curvas siguientes (fig. 9).

La sensibilidad cae fuertemente con la carga ($z_0 > 0$), como ya lo sabíamos (Nº 25); luego la recta de $1/s$ es rápidamente

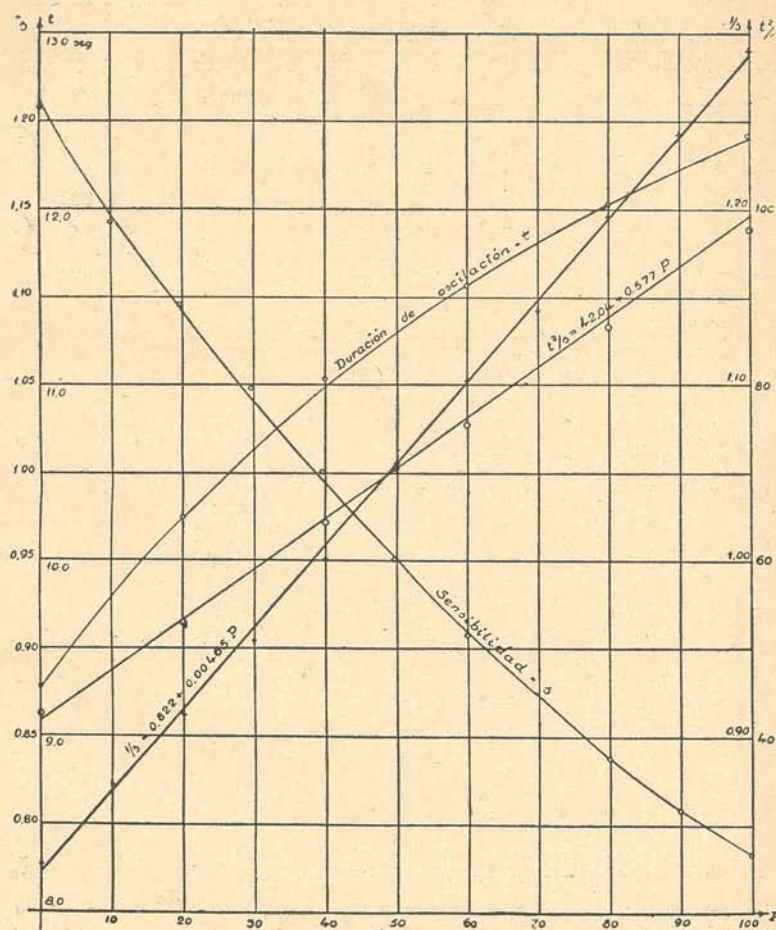


FIG. 9.

ascendente; su ecuación (determinada por cuadrados mínimos) nos da la constante: $C_2 = 0,00465$, con la cual se obtiene

$$z_0 = 41,3 \text{ micrones} = 0,0413 \text{ mm.}$$

Este ejemplo muestra cuan aproximadamente es necesario realizar la condición de que las cuchillas sean coplanares pa-

ra que la sensibilidad sea prácticamente independiente de la carga, pues basta el anterior valor de z_0 para producir una disminución de s del 50 % al pasar de la carga nula a la carga media (100 gr), como se ve en el gráfico.

En cuanto a la recta de t^2/s , debe ser la misma que en las experiencias anteriormente estudiadas, porque sus constantes no dependen de z_0 ni de z_1 ; caracterizan como dijimos el tipo de balanza. En el gráfico se ha dibujado la recta del gráfico anterior; y se advierte que los puntos marcados, que corresponden a las experiencias de que ahora nos ocupamos, se sitúan muy cerca de la misma, lo que comprueba lo dicho.

35. MOMENTO Y RADIO DE INERCIA DE LA CRUZ. — El momento de inercia de la cruz resulta de las determinaciones que preceden; pero se puede determinarlo también mediante oscilaciones pendulares. Se suspende para ello la cruz de hilos delgados, en una de las formas que muestran las figuras 10 y 11, y se mide el período T de las oscilaciones del péndulo

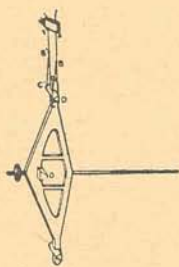


FIG. 10.

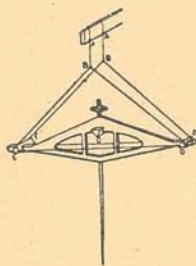


FIG. 11.

físico así formado. Luego se calcula su momento de inercia I , con la fórmula [21], donde P es ahora el peso de la cruz p_0 , y a la distancia del eje de suspensión (extremos fijos de los hilos) al centro de gravedad (cuchilla media):

$$I = \frac{p_0 a}{4 \pi^2 T^2} .$$

Ahora bien, si I_0 es el momento de inercia de la cruz con respecto a la cuchilla media, es (teorema de Steiner):

$$I = I_0 + m_0 a^2 = I_0 + \frac{p_0}{g} a^2 \quad ; \quad I_0 = I - \frac{p_0}{g} a^2 .$$

Luego, el momento de inercia expresado en sistema *C. G. S.*, sería:

$$I_0' = I_g - p_0 a^2. \quad (p_0 \text{ en gramos peso}).$$

Con el valor del momento de inercia podemos calcular el radio de inercia de la cruz, es decir la distancia r a que habría que imaginar concentrada toda una masa m_0 para obtener igual momento de inercia. Debe ser por lo tanto:

$$I_0 = m_0 r^2 = \frac{p_0 r^2}{g} \quad ; \quad r^2 = \frac{I_0 g}{p_0} = \frac{I_0'}{p_0} \quad ; \quad r = \sqrt{\frac{I_0'}{p_0}},$$

donde p_0 debe expresarse en gramos.

El valor de r varía, según el tipo de cruz, entre $1/2$ y $2/3$ de la longitud de los brazos.

Ejemplo. — En la balanza que hemos estudiado se tiene:

$$r = \sqrt{\frac{1915}{94,83}} = 4,49 \text{ cm.} \quad ; \quad (D = 7,0 \text{ cm}).$$

36. FLEXIÓN DE LA CRUZ. — En la balanza que hemos estudiado la flexión de la cruz es despreciable. Ello se advierte particularmente bien en los valores de $1/s$ obtenidos antes de ser reparada (fig. 9) que se sitúan muy aproximadamente sobre una recta. (En las experiencias representadas en la figura 8 las variaciones de la sensibilidad con la carga son del orden de los errores experimentales, pues la sensibilidad por miligramo varió solamente un décimo de división, o sea 7 %, en todo el intervalo de P ; por eso, para representar los valores de $1/s$ se ha elegido en la figura 8 una escala excesiva).

Conviene advertir que el hecho de que la flexión de la cruz sea despreciable no autoriza a cargar la balanza por encima del límite de carga indicado. Este límite no depende de aquella flexión, sino de las propiedades del material de las cuchillas y los planos de apoyo. Las « aristas » de las cuchillas son en realidad superficies cilíndricas cuyo radio es del orden de los micrones; la presión que ejercen sobre los planos de apoyo respectivos alcanzan a varios kilos por cm^2 , y excediéndola pudiera producirse un deterioro irreparable de los mis-

mos. Por la misma causa, a medida que aumenta la carga máxima es necesario aumentar la longitud de los brazos (véase N^o 28), pues deben emplearse cuchillas menos afiladas, y con brazos más cortos serían muy apreciables las variaciones de longitud producidas al oscilar la balanza, porque las dichas superficies cilíndricas *ruedan* en realidad sobre los planos respectivos.

Si hay flexión, debe ponerse en la fórmula [34], según la [15]:

$$z_0 = a_0 + bP$$

donde a_0 es el valor de z_0 que corresponde a la balanza sin carga, pero con los platillos, y b el *coeficiente de flexión* de la balanza.

Se obtiene así:

$$\begin{aligned} \frac{1}{s} = & \frac{1000 \lambda}{lD} [p_0 z_1 + (p_i + p_a) a_0] + \\ & + \frac{1000 \lambda}{lD} [2 a_0 + b (p_i + p_a)] P + \frac{2.1000 \lambda b}{lD} P^2. \end{aligned}$$

Esta es la ecuación de una parábola de eje vertical, con su concavidad vuelta hacia arriba (porque b , es siempre positivo):

$$\frac{1}{s} = B_0 + B_1 P + B_2 P^2. \quad [36']$$

Obtenidas las constantes de esta parábola, B_0 , B_1 , B_2 (con los datos experimentales y aplicando el método de los cuadrados mínimos) podemos calcular b , a_0 y z_1 .

37. ERRORES DE PARALELISMO DE LAS CUCHILLAS.—El error de paralelismo de las cuchillas afecta los valores de D y z_0 (fórm. 17 y 18); con el primero se modifica la relación de las longitudes de los brazos; con el segundo, la sensibilidad de la balanza. Este segundo efecto es menos importante.

Para determinar el primero, procedemos en la siguiente forma: colocamos sobre uno de los planos de ágata a o b (fig. 4)

un pequeño cuerpo metálico P_m (10 a 20 gr en las balanzas comunes), que puede situarse sobre el extremo anterior y sobre el posterior de aquél.

Colocado sobre el extremo anterior, equilibramos la balanza con una tapa P_t colocada en el centro del otro platillo (pesas) y determinamos exactamente la posición de equilibrio, l_0 , que debe ser próxima a la posición de cero. Luego corremos P_m hacia atrás, una distancia medida Δr , y volvemos a determinar la posición de equilibrio l'_0 . Conociendo la sensibilidad s de la balanza calculamos qué sobre-tara ΔP_t sería necesario agregar para restablecer la anterior posición l_0 :

$$\Delta P_t = \pm \frac{l_0 - l'_0}{s}$$

correspondiendo, el signo + cuando P_m está a la derecha y el signo — cuando está a la izquierda.

Ahora bien, si la posición de equilibrio es próxima a la de cero (tang $\alpha_0 = 0$) se tiene (fórm. 9, estando P_m a la derecha):

$$1^a \text{ det: } P_m \cdot D_d = P_t D_i \quad 2^a \text{ det: } P_m (D_d + \Delta D_d) = (P_t + \Delta P_t) D_i;$$

de las cuales, por diferencia:

$$P_m \Delta D_d = \Delta P_t \cdot D_i.$$

Teniendo en cuenta la fórmula [17] resulta:

$$P_m \cdot \Delta r \cdot \text{sen } \theta \text{ sen } \varphi = D_i \cdot \Delta P_t,$$

en la cual podemos poner: $D_i = D$ y $P_m = P_t$, obteniendo así:

$$\text{sen } \theta \text{ sen } \varphi = \frac{\Delta P_t}{P_t \cdot \Delta r} \quad [37]$$

Al mismo resultado se llegaría suponiendo que P_m estuviera a la izquierda.

Ejemplo.

BALANZA SARTORIUS, N° 14904

$P_m = 10,5 \text{ gr.}$ $s = 1,54$	P_m a la derecha		P_m a la izquierda	
	P_m , adelante	P_m , atrás	P_m , adelante	P_m , atrás
Posición de equilibrio	$l_0 = 9,28$	$l_0' = 9,99'$	$l_0 = 10,38$	$l_0' = 9,90$
Diferencia: $l_0 - l_0'$	— 0,70		0,40	
ΔP_t	— 0,00045 gr.		— 0,00025 gr.	
$\text{sen } \theta \text{ sen } \varphi$	— 0,000230		— 0,000133	

Siendo θ siempre positivo y pequeño, el signo obtenido es el de $\text{sen } \varphi$, es decir el de φ ; luego, en las dos cuchillas el plano $B'BY$ (fig. 5) está volteado hacia la cuchilla media.

38. — Con los valores hallados de $\text{sen } \theta \text{ sen } \varphi$ calculamos la suma de los Δr (en una y otra cuchilla) que serían necesarios para observar, con la carga máxima, un ΔP_t igual a la carga mínima que desea observarse con la balanza (en nuestro caso $0,1 \text{ mgr} = 0,0001 \text{ gr}$). La misma fórmula [37] resuelve el problema, tomando $P_t = (P_{max} + p_i + p_d)$, siendo p_i y p_d los pesos de los platillos y sus suspensiones. Será por tanto:

$$\Sigma |\Delta r| = \frac{D \cdot \Delta P_t}{(P_{max} + p_i + p_d) \cdot \Sigma |\text{sen } \theta \text{ sen } \varphi|} \quad [37']$$

Si el sistema de arresto está bien ajustado, sólo permite desplazamientos del orden de los centésimos de mm, supuesto que se proceda suavemente en su manipulación. Si la suma calculada con la fórmula [37'] es de menor orden, los errores de paralelismo de las cuchillas alcanzan valores inadmisibles.

Por otra parte, el sistema de arresto ha sido ya examinado en el ensayo preliminar.

Ejemplo. — En nuestra balanza es:

$$P_{max} + p_i + p_d = 300 \text{ gr} ; \Sigma |\sin \theta \sin \varphi| = 0,000363 ; \Delta P_t = 0,0001 \text{ gr.}$$

Luego (fórm. 37'):

$$\Sigma |\Delta r| = 0,007 \text{ cm.} = 0,07 \text{ mm.}$$

que es superior a los desplazamientos que puede permitir un sistema de arresto bien ajustado. Luego, en tal caso, los errores de fidelidad de la balanza serán despreciables.

39. — El valor de $\sin \theta \cos \varphi$ (fórm. 18) puede determinarse midiendo la variación de la sensibilidad producida por un desplazamiento Δr del punto de aplicación de la carga a lo largo de la arista de la cuchilla (como en el ejemplo anterior). Según la fórmula [36] es:

$$\Delta \left(\frac{1}{s} \right) = \frac{1000 \lambda}{lD} [p_i + p_d + 2 p] \cdot \Delta z_0.$$

y teniendo en cuenta la [18]:

$$\Delta \left(\frac{1}{s} \right) = - \frac{1000 \lambda}{lD} [p_i + p_d + 2 P] \cdot \Delta r \cdot \sin \theta \cos \varphi$$

que permite calcular $\sin \theta \cos \varphi$. Si solamente una parte P_m de la carga se desplaza en Δr_1 (como en las experiencias del N° 37) es:

$$[p_i + p_d + 2 P] \cdot \Delta r = P_m \cdot \Delta r_1 ;$$

luego:

$$\sin \theta \cos \varphi = \frac{\Delta \left(\frac{1}{s} \right) \cdot lD}{1000 \lambda P_m \cdot \Delta r_1} . \quad [38]$$

Este método no es en general suficientemente sensible (porque la influencia de z_0 en la sensibilidad no es preponderante), a menos que P_m sea del orden de la carga máxima, para lo cual se necesita un dispositivo especial que permita desplazarla a lo largo de la cuchilla (fig. 12). Pero, por otra parte, la determinación del valor [38] carece en la práctica de interés.

Si se la efectúa, los valores [37] y [38] permitirán calcular los ángulos θ y φ , de los cuales el primero es positivo y pequeño; el segundo puede ser positivo o negativo, y variar de 0° a 180° .

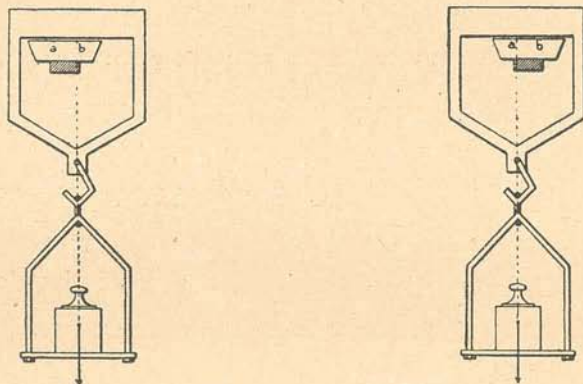


FIG. 12.

APENDICE

40. — El método de los cuadrados mínimos, a que nos hemos referido antes, se funda en lo siguiente. Sea:

$$y = a + bx + cx^2$$

la ecuación de una curva que debe representar los resultados de una serie de mediciones de valores de x y sus correspondientes de y . Deben determinarse las constantes a , b y c de tal modo que la suma de los *cuadrados* de las diferencias (errores) entre los valores de y calculados con la fórmula y los correspondientes observados (para los mismos valores de x) sea *mínima*. Para cada valor de x observado, tal como x_i , el valor observado de y es y_i , ambos conocidos; el calculado de y es en cambio:

$$y_i' = a + bx_i + cx_i^2;$$

la diferencia (o error) es:

$$y_i' - y_i = [a + bx_i + cx_i^2 - y_i];$$

y la suma S de los cuadrados de todas estas diferencias debe ser mínima. Es decir:

$$S = \sum_{i=1}^n [a + bx_i + cx_i^2 - y_i]^2 = \min.$$

Las constantes a , b y c deben elegirse de tal modo que satisfagan a esta condición; en ella, los valores de x_i e y_i son constantes conocidas; los de a , b y c , deben determinarse entre los infinitos valores posibles. Las condiciones de mínimo de S son:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial b} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial c} = 0;$$

y estas tres condiciones son suficientes para determinar a , b y c . En efecto:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n [a + bx_i + cx_i^2 - y_i];$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n [a + bx_i + cx_i^2 - y_i] x_i;$$

$$\frac{\partial S}{\partial c} = 2 \sum_{i=1}^n [a + bx_i + cx_i^2 - y_i] x_i^2.$$

Igualando a cero y distribuyendo las sumas se obtiene, respectivamente:

$$na + b \sum_{i=1}^n x_i - c \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n y_i = 0,$$

$$a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 + c \sum_{i=1}^n x_i^3 - \sum_{i=1}^n x_i y_i = 0,$$

$$a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i^3 + c \sum_{i=1}^n x_i^4 - \sum_{i=1}^n y_i x_i^2 = 0;$$

que son tres ecuaciones de primer grado para determinar a , b y c .

Si se trata de determinar las constantes de una recta, es $c=0$; y se tienen solamente las dos primeras condiciones para determinar a y b :

$$na + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i.$$

Ejemplo.—Apliquemos estas fórmulas para determinar las constantes de la recta:

$$\frac{1}{s} + C_1 + C_2 P \quad : \quad \frac{1}{s} = y, \quad P = x \quad ; \quad C_1 = a, \quad C_2 = b.$$

Las operaciones se disponen según indica el cuadro siguiente, cuyas primeras columnas contienen los valores observados (Nº 33).

i	$\frac{1}{s} = y_i$	$P = x_i$	$x_i y_i$	x_i^2
1	0,689	0	—	—
2	0,682	20	13,64	400
3	0,676	40	27,04	1600
4	0,662	60	39,72	3600
5	0,658	80	52,54	6400
6	0,648	100	64,80	10000
7	0,649	120	77,88	14000
8	0,645	150	96,75	22500
$n=8$	$\sum_{i=1}^n y_i = 5,309$	$\sum_{i=1}^n x_i = 570$	$\sum_{i=1}^n x_i y_i = 372,47$	$\sum_{i=1}^n x_i^2 = 58900$

Luego, las ecuaciones para determinar a y b son:

$$8a + 570b = 5,309 \quad . \quad 570a + 58900b = 372,47;$$

de las cuales se obtiene:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 8 & 570 \\ 570 & 58900 \end{vmatrix} = 146300 ;$$

$$\Delta_a = \begin{vmatrix} 5,309 & 570 \\ 372,5 & 58900 \end{vmatrix} = 100375, \quad \Delta_b = \begin{vmatrix} 8 & 5,309 \\ 570 & 372,5 \end{vmatrix} = -46,13$$

y por lo tanto:

$$a = \frac{\Delta_a}{\Delta} = 0,6861, \quad b = \frac{\Delta_b}{\Delta} = -0,000315;$$

que son las constantes que hemos antes empleado.

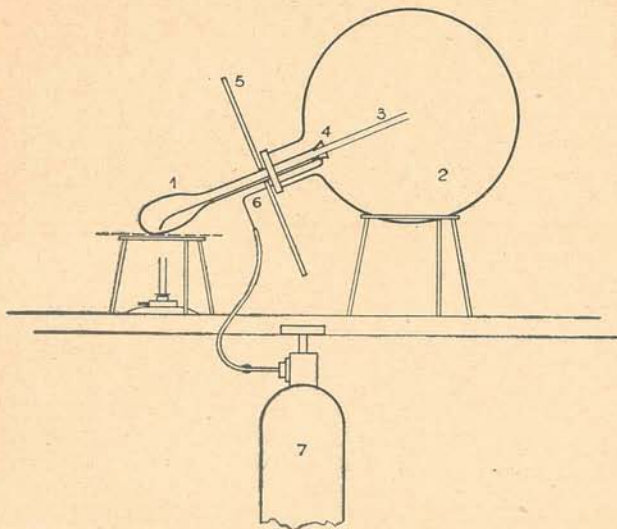
Si se trata de determinar una parábola, el cálculo se conduce análogamente; pero habrá que agregar al cuadro anterior las columnas de x_i^3 , x_i^4 e $y_i x_i^2$; y correspondientemente se tendrán tres ecuaciones de primer grado para determinar a , b y c .

APARATO DE SUBLIMACION

Esta sección está destinada a presentar soluciones prácticas a pequeños problemas de laboratorio. Los lectores quedan invitados a colaborar en ella, describiendo las de su invención o transcribiendo aquéllas que hallen eficaces entre las dispersas en la bibliografía.

En la preparación de ftalato ácido de potasio, para ser utilizado como standard primario en alcalimetría, es necesario resublimar anhídrido ftálico y si la cantidad que se desea preparar es de unos 500 g la operación de sublimación en las formas corrientes (con embudos, balones enfriados, etc.) es larga y tediosa. Por ello creemos conveniente reproducir aquí un aparato que nos ha dado excelentes resultados y que permite preparar en 3-4 hs la cantidad anteriormente indicada. Consiste en: (1) balón de Kjeldhal de 1 lt en el cual se coloca el anhídrido ftálico bruto; (2) balón de 50 lts en el cual se

condensa el anhídrido ftálico en copos muy bellos; (3) trozo de tubo del mismo diámetro del cuello del balón de Kjeldhal que se adapta a la boca del mismo por medio de un tapón de corcho (4) y que con un poco de habilidad se consigue mantenerlo en posición bastante firmemente; (5) es una plancha de amianto que tapa la boca de (2) e impide que el mechero



caliente el balón de 50 lts; (6) es un tubo de vidrio de 6 mm doblado como indica el esquema, que pasa a través del corcho (4) y que está unido por un tubo de goma al cilindro de anhídrido carbónico (7). Se carga (1) con el anhídrido ftálico bruto, se arma el aparato y calienta hasta que ha fundido; entonces se hace pasar una corriente de CO_2 no muy intensa que se regula de modo que no escape anhídrido ftálico por la boca de (2). Cuando (2) está muy caliente lo que ocurre ya cuando se ha llenado de ftálico se detiene, descarga, enfría con agua y está listo para otra operación.

J. A. B.

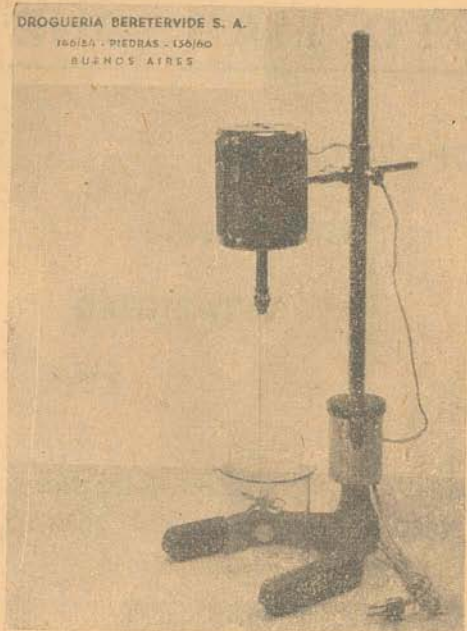
Droguería BERETERVIDE S. A.

PIEDRAS 160

Teléf.: 34 - 1862 y 0041

DROGUERÍA BERETERVIDE S. A.

1861/24 - PIEDRAS - 156/60
BUENOS AIRES



Agitador eléctrico para electrólisis, etc., con velocidades regulable

APARATOS PARA
TODA CLASE DE
LABORATORIOS.
REACTIVOS-CO-
LORANTES. MA-
TERIAL DE VI-
DRIO "PYREX"

Papel de filtro What-
man. Potenciómetros
Beckman. Lápicos Io-
noskrib para la deter-
minación del ph, etc.
Lámparas para fluo-
rescencia. Filtros
Wood

Proximamente llegará el

"Handbook of CHEMISTRY & PHYSICS" Hodgmann

26ª edición

*Debido a las dificultades existentes en
la recepción de textos extranjeros, le
aconsejamos reserve su ejemplar por
anticipado.*

ACME AGENCY, S. R. L.

Bmê. Mitre 552

Salón de Ventas — 33-1784

BUENOS AIRES

INSTITUTO MASSONE

DROGAS OPOTERAPICAS

HORMONAS

VITAMINAS

ETC.

Laboratorios:
BLANDENGUES 4350

Administración:
CORDOBA 2088/92

HIJOS DE ATILIO MASSONE

Apareció

CURSO ESPECIAL DE FISICA

T. ISNARDI



NUEVA EDICION CORREGIDA

**EL TERCER
PRINCIPIO DE LA
TERMODINAMICA**

Y los llamados
valores absolutos
de la entropía.

T. ISNARDI

**GUIA DE
TRABAJOS PRACTICOS
DE BROMATOLOGIA**

ANDRES L. CORSO

**GUIA DE TRABAJOS
PRACTICOS DE
QUIMICA ORGANICA**

ANGELA C. DE DEGIORGI

La determinación
de ph mediante el
electrodo de vidrio

R. VANOSSI

**GUIA DE TRABAJOS
PRACTICOS
DE
MINERALOGIA**

2ª Edición

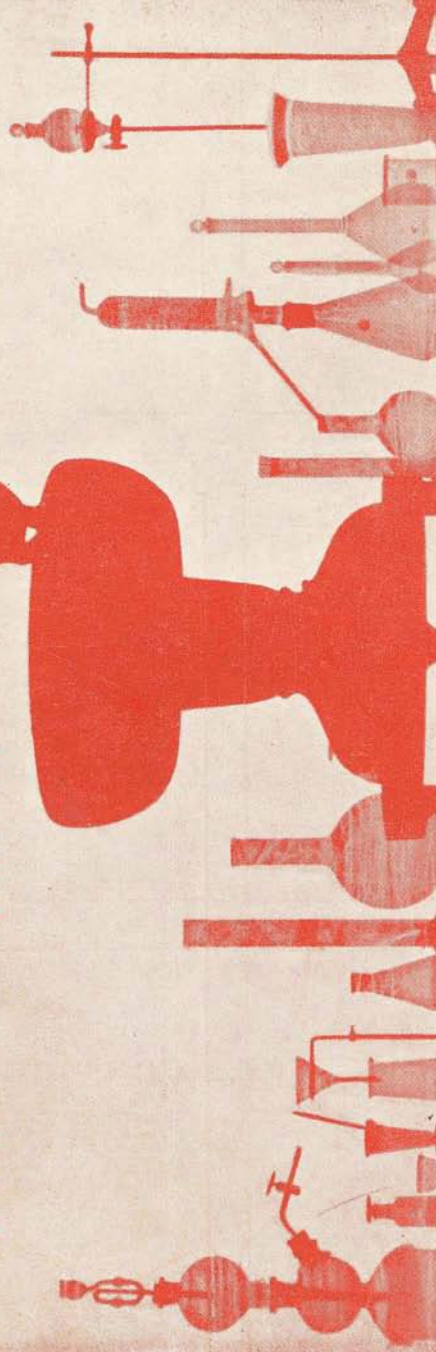
E. MORTOLA

**CONSTRUCCION
DE APARATOS
DE VIDRIO**

G. H. KLOBASSA

Casa
OTTO HESS S.A.

CASA ARGENTINA DE ORIGEN SUIZO
MAIPÚ 50
BUENOS AIRES



Aparatos para Laboratorios Científicos

INDUSTRIA • QUÍMICA • BIOLOGÍA